

明 細 書

変位測定装置及び方法

発明の背景

技術分野

本発明は、光による三角測量を利用して測定対象面上に照射された光で形成される照射点を一定の間隔で走査させることにより、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置及び方法に係り、特にレンズアレイを用いて変位検出精度及び測定速度を向上させるとともに、レンズアレイの設置位置，方向，焦点距離のばらつきによる誤差を補正して、変位量を正確に得ることができる変位測定装置及び方法に関するものである。

背景技術

光を用いて測定対象面の高さ変位（凹凸）を測定する場合、図 20 に示すように、投光器 51 からレーザービームを測定対象物 52 の表面に照射し、その照射点 P の像 K を結像レンズ 53 によって受光素子 54 の受光面上に結像させる三角測量方法による変位測定装置が用いられている。

この受光素子 54 は、受光面上の結像点が K の位置から K'，K'' へ移動する移動量に対応した信号を出力するように構成されている。受光素子 54 は、図 20 に示すように、結像レンズ 53

の光軸に対し傾いて配置されており、受光面のどの位置に対しても結像するようになっている。

この変位測定装置では、測定対象物 5 2 の表面の凹凸（変位）により照射点 P が高さ方向に移動して照射点 P' 又は照射点 P'' に位置する。これにより、受光素子 5 4 の受光面の結像点 K が結像点 K' 又は結像点 K'' の位置に移動する。受光素子 5 4 からの信号も結像点 K の移動量に応じて変化する。この信号の変化量から測定対象面の高さ方向の変位を検出することができる。

ところが、上記変位測定装置は、測定対象物 5 2 を高さ方向に垂直な X 軸方向と Y 軸方向とに相対移動させる機構を有している。この機構は、通常モータ等を駆動源とする低速なものであるので、測定対象物 5 2 の表面全体に渡って細かいピッチで測定しようとする、測定時間が非常に長くなってしまう。

このため、近年では、図 2 1 に示すような走査型の変位測定装置 6 0 を用いて、測定対象物 7 0 の移動のうち、Y 軸方向のみを移動するだけで測定できるようにしている。図 2 1 は、その走査型の変位測定装置 6 0 の概略斜視図である。

この走査型の変位測定装置 6 0 の投光系は、光源 6 1 と振動ミラー型等の偏向装置 6 2 と収束レンズ 6 3 で構成されている。光源 6 1 から照射される照射光は、偏向装置 6 2 によって一定角度

内の範囲で偏向される。偏向された照射光は、収束レンズ 6 3 によってその光軸が一平面上で平行に移動する。そして、その照射光は、測定台 7 1 上に載置されている測定対象物 7 0 の表面 7 0 a に所定の入射角度により照射される。照射光により形成された照射点 P は、直線的に往復走査又は片道走査される。

照射光は照射点 P の位置で受光系に正反射される。照射点 P の像は、第 1 円筒面レンズ（シリンドリカルレンズ）6 4 及び第 2 円筒面レンズ 6 5 によって受光素子 6 6 の受光面 6 6 a に結像される。この変位測定装置 6 0 では、測定対象面 7 0 a が鏡面のように反射率が高い場合は、照射点 P で反射される光の殆どが、照射点 P を対称にして入射角度と同じ角度で受光系に反射される。

しかし、測定対象面 7 0 a が粗面の場合は反射率が低い。この場合は、受光系に円筒面レンズ 6 4, 6 5 を用いた従来の走査型の変位測定装置 6 0 では、照射点 P からの反射光が散乱して受光面 6 6 a に結像されると、受光素子 6 6 の受光面 6 6 a の像がぼけてしまい、測定精度が著しく低下するという問題点がある。

即ち、円筒面レンズ 6 4, 6 5 は、基本的にレンズ円筒面の周方向に対してのみ収束性を示し、他の方向には収束性はない。このため、図 2 2 (a) に示すように、照射点 P で反射した測定光のうち、第 1 円筒面レンズ 6 4 の円筒面の周方向に拡がった散乱光は、第 1 円筒面レンズ 6 4 で収束されて第 2 円筒面レンズ 6 5

に入射される。そして、第2円筒面レンズ65で受光素子66の受光面66aの中心へ向かうように偏向されて、受光面66a上に結像点Kを形成する。

また、図22(b)に示すように、照射点Pで反射した測定光のうち、第1円筒面レンズ64の円筒面の軸方向に拡がった散乱光は、第1円筒面レンズ64では全く収束されずに拡がったまま第2円筒面レンズ65へ入射される。このため、受光素子66の受光面66a上の結像点Kは、受光面66aの幅方向に伸びた直線になる。

しかも、照射点Pの像を焦点距離の短い第1円筒面レンズ64だけで絞り込むようにしている。このため、第1円筒面レンズ64の収差により、受光素子66の受光面66a上の像Kにおける、図23に示す横長の長円状の短い径方向を、小さく絞り込むことができない。これにより、受光素子66から出力される信号の変動が大きくなり、測定表面の変位を高い精度で測定することができない問題点を生じる。

さらに、図24に示すように、測定対象物70の測定対象面70aに凹凸があり、所定の段差70bを有していることがある。このような形状では、投光系から放射された照射光が受光系に正反射される際に、この段差70bで遮られることがある。この場合、段差70b付近の変位を測定できなかった。

本発明は、上記欠点を除くためになされたものであって、その目的とするところは、測定対象面の変位（凹凸）の測定を、高精度かつ高速に行う変位測定装置を提供することにある。

発明の開示

上記目的を達成するために、本発明の請求項 1 記載の変位測定装置は、測定対象面に照射した照射光を走査し、受光素子の受光面上に形成された結像点の検出位置に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置において、

前記走査した照射光を前記測定対象面上に照射して照射点を形成する投光手段と、

前記照射点からの測定光を受光素子の受光面上で受光して結像点を形成する受光手段とを有し、

該受光手段は、

光軸廻りに均等な結像特性を有する複数の集光レンズ部が前記照射光の走査方向に沿って構成され、前記測定光を収束させるレンズアレイと、

光軸廻りに均等な結像特性を有し、前記収束された測定光を前記受光面上に前記結像点を形成させる結像レンズと、
を備えていることを特徴とする。

また上記受光素子は、請求項 2 記載のように、前記結像レンズから焦点距離離れた位置に設けてもよい。

上記構成によれば、測定対象物の測定対象面に照射される照射光は投光手段により走査され、受光手段側に反射される。反射により照射点から出射された測定光は、レンズアレイにより、走査方向と直交する方向に収束される。収束された測定光は、光軸廻りに均等な結像特性を有する結像レンズにより、受光素子の受光面上に結像される。

したがって、レンズアレイで収束された測定光は、収差の少ない状態で受光面上に結像させることができる。これにより、測定対象面の表面状態について、高精度の変位測定を行うことができる。

更に上記複数の集光レンズ部は、請求項3記載のように、互いに平行な光軸を有し、それぞれ前記照射点から焦点距離離れた位置において前記各光軸と直交する一直線上に並列配置されて、前記レンズアレイを構成することとしてもよい。

受光素子は、その幅が大きい程、応答速度が遅くなることが知られている。小さな複数の集光レンズ部で照射点からの測定光を収束するように構成することで、受光面の幅が小さく応答速度の速い受光素子を用いることができる。これにより、走査速度を上げて受光素子の信号出力に対する処理速度を上げることができ、測定時間を短縮することが可能となる。

好ましくは、請求項 4 記載のように、前記レンズアレイ、前記結像レンズ及び前期受光素子の配置関係が、 $0 < (f_2 / f_1) \cdot t < w$ を満たすとき、最適な結像特性を得る。但し、前記受光面の走査方向と平行な受光幅 w 、前記各集光レンズ部の走査方向と平行なレンズ幅 t 、前記集光レンズ部の焦点距離 f_1 、前記結像レンズの焦点距離 f_2 とする。

また上記変位測定装置は、請求項 5 記載のように、

前記投光手段は、前記走査した照射光を前記測定対象面上に垂直入射して照射点を形成し、

前記受光手段は、走査方向に形成された前記照射光の光路面から対称の位置において前記照射点から等距離に一对設けられている構成としてもよい。

上記構成によれば、測定対象物の測定対象面に垂直入射される照射光は走査手段により走査され、測定対象物が粗面の場合には、あらゆる方向に散乱する。散乱した測定光の一部は、レンズアレイにより、走査方向と直交する方向に収束される。収束された測定光は、光軸廻りに均等な結像特性を有する結像レンズにより、受光素子の受光面上に結像される。

したがって、レンズアレイで収束された測定光は、収差の少ない状態で受光面上に結像させることができる。これにより、測定

対象面の表面状態について、高精度の変位測定を行うことができる。特に、測定対象面上の段差等で一方の受光手段側の測定光が遮蔽されて十分な受光量が得られないときであっても、他方の受光手段で得られた受光量により変位測定し、測定精度の維持を図ることができる。

また上記請求項 5 記載の変位測定装置は、請求項 6 記載のように、前記一对の受光素子の受光面に形成された前記結像点の位置に基づき、前記測定対象面の変位信号を演算出力する変位演算手段を備えることを特徴とする。

上記変位演算手段は、具体的には請求項 7 記載のように、

前記一对の受光素子の各受光面上での結像位置に応じて得られた 4 つの電気信号をそれぞれ電流電圧変換した後、前記走査された照射光の光路面に対称の位置から得られる電気信号同士をそれぞれ加算する 2 つの前置加算部と、

該前置加算部で得られた各々の電気信号を加算する加算部と、

前記前置加算部で得られた各々の電気信号を減算する減算部と、

該減算部で得られた電気信号を前記加算部で得られた電気信号で除算する除算部と、

を具備することを特徴とする。

上記構成によれば、変位演算手段は、受光素子に対する出力電気信号を予め加えてから加算及び減算を行うことにより、受光量

の変動があっても変位量を精度良く測定でき、除算部の構成が簡単で変位測定手段の低コスト化を図ることにある。

また、上記変位演算手段は、請求項 8 記載のように、

前記受光素子の各受光面上での結像位置に応じて得られた一対の電気信号をそれぞれ電流電圧変換した後、該一対の電気信号同士を加算する加算部と、前記一対の電気信号同士を減算する減算部とを、前記各受光手段ごとに有し、

前記各加算部から得られた加算信号同士を加算する加算信号加算部と、

前記各減算部から得られた減算信号同士を加算する減算信号加算部と、

該減算信号加算部で得られた電気信号を前記加算信号加算部で得られた電気信号で除算する除算部と、
を具備することとしてもよい。

上記構成によれば、両受光手段の感度等左右のバランスが揃わない場合であっても、アンプのゲイン調整等を容易にすることができ、変位測定精度を向上させることができる。

更に、上記変位演算手段は、請求項 9 記載のように、

前記受光素子の受光面上での結像位置に応じて得られた一対の電気信号をそれぞれ電流電圧変換した後、該一対の電気信号同士を加算する加算部と、前記一対の電気信号同士を減算する減算部

と、該減算部で得られた減算信号を前記加算部で得られた加算信号で除算する除算部とを、前記各受光手段ごとに有し、

前記各除算部で除算された値に対応する各変位信号及び前記除算された値の平均値に対応する変位信号の入力を受け、いずれかの変位信号を出力するように切替自在な切替手段と、

前記各加算信号が所定の基準値を満たしているか否かを判定するレベル判定手段と、

該レベル判定手段における判定結果に基づき前記切替手段に入力される前記各変位信号のうち適切なものを選択的に切り替えて出力する選択手段と、

を具備することとしてもよい。

上記構成によれば、変位演算手段は、各受光手段ごとに加算、減算、除算を行い、各加算信号が所定の基準値を満たしているか否かを判定し、その判定結果に基づき除算により得られた適切な変位信号を出力することにより、ノイズレベルが増大することがなくS/N比を良好にし、変位測定精度を向上させることができる。特に、受光量が低いときでも所定の精度を得ることができる。

請求項10記載の変位測定装置は、測定対象面に照射した照射光を走査し、受光素子の受光面上に形成された結像点の検出位置に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置において、

前記走査した照射光を前記測定対象面上に照射して照射点を形

成する投光手段と、

光軸廻りに均等な結像特性を有する複数の集光レンズ部が前記照射光の走査方向に沿って構成され、前記照射点からの測定光を収束させて前記受光素子側に出射するレンズアレイと、

前記受光素子から出力された前記結像点の結像位置に対応する電気信号に基づき、前記測定対象面の変位量を演算出力する変位演算手段と、

前記レンズアレイを通過した光の結像位置のばらつきにより発生する前記結像位置の偏差を前記走査方向の複数箇所それぞれ検出し、該検出された偏差に基づき、前記測定対象面の変位量を補正して出力する処理手段と、
を備えたことを特徴とする。

また上記処理手段は、請求項 1 1 記載のように、

前記結像位置の偏差を、基準対象物を用いて検出する偏差検出手段と、

該偏差検出手段で検出された偏差を補正データとして格納保持する補正值記憶手段と、

前記測定対象面の変位量の測定時に、前記補正值記憶手段に格納された補正データに基づき前記変位演算手段から出力された変位量を補正演算して出力する変位補正手段と、
を備えたことを特徴とする。

更に請求項 1 1 記載の変位測定装置は、請求項 1 2 記載のよう

に、

前記照射光が走査される都度走査開始信号を出力する走査開始検出手段と、

前記走査開始検出手段の走査開始信号に基づき、現在の照射光の走査位置を計数する計数手段とを備え、

前記偏差検出手段は、前記計数手段から出力される現在の照射光の走査位置に前記検出された偏差を対応づけて補正データとして補正值記憶手段に格納保持させ、

前記変位補正手段は、前記変位演算手段から出力された変位量の信号を、前記計数手段から出力される現在の照射光の走査位置に対応する補正データを前記補正值記憶手段から読み出し補正演算して出力することを特徴とする。

また請求項 1 3 記載の変位測定装置は、測定対象面に照射した照射光を走査し、受光素子の受光面上に形成された結像点の検出位置に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置において、

前記走査した照射光を前記測定対象面上に照射して照射点を形成する投光手段と、

光軸がそれぞれ平行で、それぞれ前記照射点から焦点距離離れた位置において前記各光軸と直交する一直線上に並列配置されている複数の光軸廻りに均等な結像特性を有する集光レンズ部で形成され、前記照射点からの測定光を収束させて前記受光素子側に出射するレンズアレイと、

前記測定対象面での照射光の走査の開始点を検出する走査開始検出手段と、

前記受光素子から出力された前記結像点の結像位置に対応する電気信号に基づき、前記測定対象面の変位量を演算する変位演算手段と、

前記レンズアレイを通過した光の結像位置のばらつきにより発生する変位量の偏差に基づき前記変位量を補正演算して出力する処理手段とを備え、

前記処理手段は、校正モードと測定モードを備え、

校正モード時には、基準対象物を用いて前記レンズアレイを通過した光の結像位置のばらつきにより発生する変位量の偏差を前記走査方向の複数箇所それぞれ検出し、

測定モード時には、測定対象物の変位量を前記偏差に基づき前記走査方向の複数箇所それぞれ補正して出力することを特徴とする。

更に請求項 1 4 記載の変位測定方法は、測定対象面上に照射された照射光で形成される照射点を走査し、光軸がそれぞれ平行で、それぞれ前記照射点から焦点距離離れた位置において前記各光軸と直交する一直線上に並列配置されている複数の光軸廻りに均等な結像特性を有する集光レンズ部で形成されるレンズアレイで前記照射点からの光を収束させ、受光素子の受光面上に結像点を形成させることにより、前記受光面上における結像位置のばらつきにより発生する変位量の偏差に基づき、前記測定対象面の変位量

を非接触で測定する変位測定方法において、

予め基準対象物を用いて測定対象面の走査方向各点における前記受光素子の受光面上での結像点の偏差を検出し、測定対象物の測定時に得られた走査方向各点における変位量をそれぞれ前記偏差に基づき補正することを特徴とする。

また請求項 1 4 記載の変位測定方法は、請求項 1 5 記載のように、

前記照射光の走査位置を、走査開始点を起点として時間を計数することにより、刻時検出して前記偏差の検出用及び前記補正演算用として用いることを特徴とする。

上記構成によれば、測定対象物の測定対象面上を走査した光は、レンズアレイの各集光レンズ部を介して受光素子の受光面上に結像され、この走査方向の変位量を得ることができる。

各集光レンズ部が有する偏差は、基準対象物を用いて検出することができる。偏差検出手段は、前記走査方向の各点の偏差を補正データとして補正值記憶手段に格納保持させる。

変位補正手段は、測定対象物の測定時に、走査位置に対応する補正データを補正值記憶手段から読み出し、測定された変位量をこの補正データで補正して出力する。

これにより、レンズアレイの成形加工時のばらつき及び装置内での設置固定状態のばらつきにより生じる偏差を電氣的処理で解

消して高精度な変位測定を行うことができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明による変位測定装置の概略斜視図である。

図2は、本発明による変位測定装置の側面図である。

図3は、本発明による変位測定装置の変位演算手段を示すブロック図である。

図4は、本発明による実施の形態の受光手段における照射点の走査に対応した結像点を示した上面図である。

図5は、本発明による実施の形態の受光手段における照射点に対応した結像点を示した側面図である。

図6は、本発明による第2実施の形態の変位測定装置の概略斜視図である。

図7は、本発明による第2実施の形態の変位測定装置の側面図である。

図8は、本発明による第2実施の形態における変位測定装置の変位演算手段を示したブロック図である。

図9は、本発明による第2実施の形態における変位測定装置の動作側面図である。

図10は、測定対象物の照射点近傍に段差がある場合の散乱光の遮断状態を示す側面図である。

図11は、本発明による第2実施の形態における他の変位演算手段を示したブロック図である。

図12は、本発明による第2実施の形態における他の変位演算

手段を示したブロック図である。

図13は、変位測定装置の電氣的構成を示すブロック図である。

図14は、本発明による変位測定装置の校正モード時のフローチャートである。

図15は、校正モード時における装置の設置状態を示す正面図である。

図16は、同側面図である。

図17は、本発明による変位測定装置の校正モードで検出された偏差を表す図である。

図18は、測定対象物の測定モード時のフローチャートである。

図19は、レンズアレイで生じる偏差解消のための処理を説明する図である。

図20は、従来の変位測定装置の概略図である。

図21は、従来の走査型変位測定装置の概略斜視図である。

図22は、従来の走査型変位測定装置の受光系の動作を示した図である。

図23は、従来の変位測定装置の受光面に結像された結像点を示した図である。

図24は、測定対象物の照射点近傍に段差がある場合の散乱光の遮断状態を示す側面図である。

発明を実施するための最良の実施の形態

図1及び図2に示すように、変位測定装置1は、投光手段2か

ら照射される照射光を、測定対象面 30 a 上で走査し、その反射光を受光手段 6 で受光するものである。測定対象物 30 は、測定台 31 に載置されている。

投光手段 2 は、レーザダイオード等の光源 3 と、回転ミラー型、振動ミラー型又はポリゴンミラー型等の偏向装置 4 と、偏向装置 4 から出射した光を測定対象面上に収束させる収束レンズ 5 で構成されている。

偏向装置 4 は、照射光を測定対象面 30 a 上に斜め入射させる位置に配置される。偏向装置 4 は、光源 3 から入射された照射光を屈曲させ、一定の振り幅で照射光を走査する。

収束レンズ 5 は、その長手方向を走査方向と一致させて、偏向装置 4 から出射された光の光路上に配置される。収束レンズ 5 は、偏向装置 4 で走査された照射光を収束させて、光軸が平行移動するビームを測定対象面 30 a に出射する。

測定対象面上では、照射光により照射点 P が形成される。

受光手段 6 は、レンズアレイ 7 と、光軸廻りに均等な結像特性を有する結像レンズ 8 と、受光素子 9 で構成されている。受光手段 6 は反射光の光路上に配置される。

レンズアレイ 7 は、複数（図 1 では 6 個）の集光レンズ部 7 a

～7 f が走査方向に沿って一列に並んだ状態で構成されている。各集光レンズ部 7 a ～ 7 f は、照射光の走査幅より小さい寸法で、合成樹脂又はガラスで形成されてレンズアレイ 7 を構成する。各集光レンズ部 7 a ～ 7 f の焦点距離 f_1 （たとえば 20 mm）は互いに等しく、その各光軸はそれぞれ平行である。各集光レンズ部 7 a ～ 7 f は、その光軸に直交する一方の面が球面上に形成された光軸廻りに均等な結像特性を有するレンズ部となっている。

結像レンズ 8 は、反射光の走査幅寸法（たとえば 36 mm）より大きい径を有する。結像レンズ 8 は、その光軸と反射光の光路が一致するように配置されている。結像レンズ 8 の入射面は各集光レンズ部 7 a ～ 7 f と対面しており、出射面は受光面と対面している。結像レンズ 8 は、入射面に入射した反射光を光軸廻りに均等に絞込み、受光素子 9 の受光面 9 a 上に一点に結像させる。なお、結像レンズ 8 の入射面は、球面、非球面を問わない。また、反射光が入射する範囲に対応した部分のみを切り出した形状にしてもよい。

受光素子 9 は、矩形状の受光面 9 a を有する。受光面 9 a の中心は結像レンズ 8 の光軸と交わっている。受光素子 9 は、結像レンズ 8 の焦点距離 f_2 離れた位置に配置されている。受光面 9 a の走査方向と平行な受光幅 w は、集光レンズ部 7 a ～ 7 f の走査方向幅 t に、集光レンズ部 7 a ～ 7 f の焦点距離 f_1 と結像レンズ 8 の焦点距離 f_2 の比（倍率） f_2 / f_1 を乗じた値よりも大

きく設定されている。たとえば、集光レンズ部 7 a ~ 7 f の走査方向幅が 6 mm で、倍率 4 のときは受光面 9 a の走査方向幅 w は 24 mm よりも大きい。

受光面 9 a 上に結像された像（結像点 K）は、測定対象面 30 a の変位により、走査方向と直交する方向（以下、縦方向と称す）に移動するようになっている。この縦方向は、測定対象面 30 a の変位に伴い、結像位置が結像レンズ 8 の光軸方向に移動するのに対応させるため、水平方向に対し図 2 に示すような所定の傾きをもって配置されている。

受光素子 9 の縦方向側の両端には電極が設けられており、結像点 K の結像位置に対応した一对の電気信号 A, B を出力するようになっている。測定対象面 30 a がレンズアレイ 7 に近づくと、相対的に電気信号 A が大きくなり、電気信号 B が小さくなる。一方、測定対象面 30 a がレンズアレイ 7 から遠ざかると、相対的に電気信号 B が大きくなり、電気信号 A が小さくなる。

電気信号 A, B は、図 3 に示すような変位演算手段に出力される。変位演算手段 10 には、電気信号 A, B を電流／電圧変換する一对の電流電圧変換部 I / V が設けられている。各電流電圧変換部 I / V で変換された電気信号 A, B はそれぞれ加算部 12 と減算部 13 に出力される。加算部 12 では電気信号 A, B が加算され、加算信号を出力する。減算部 13 では電気信号 A, B が減

算され、減算信号を出力する。加算信号及び減算信号は除算部 14 に入力されて除算され、変位信号 D を出力するようになっている。

次に、本実施の形態の作用について、図 1 ～ 図 5 を用いて説明する。光源 3 から照射された照射光は、偏向装置 4 により屈曲され、所定のストロークで走査される。走査された照射光は収束レンズ 5 に入射され、平行に移動するビームとなり、測定対象面 30 a 上に照射点を形成する。照射光は照射点 P ごとに反射又は散乱し、その反射、散乱光（測定光）は受光手段 6 側へ出射される。

図 4（a）に示すように、照射点 P が走査されて、レンズアレイ 7 の一端にある集光レンズ部 7 a に対向する位置に移動する。この照射点から反射、散乱した光（測定光）は、集光レンズ部 7 a によってほぼ平行なビームとなって収束する。収束された測定光は、結像レンズ 8 の光軸に対し角度のある状態で結像レンズに入射される。

結像レンズ 8 は、集光レンズ部 7 a に入射された測定光を、向きを変えて受光素子 9 の受光面 9 a の一端側の位置に結像させる。図 5（a）に示すように、側方からみても、照射点 P から反射、散乱する光は、集光レンズ部 7 a ～ 7 e によってほぼ平行に収束され、結像レンズ 8 によって受光素子 9 の受光面 9 a 上に結像される。

このため、受光素子の受光面 9 a には、照射点 P の高さに正確に対応した位置に点状の像 K a（結像点）が形成され、その位置に対応した電気信号 A, B が電極から出力される。なお、照射点 P から他の集光レンズ部 7 b ~ 7 f に入射する測定光も収束されて結像レンズ 8 に入射される。しかし、これらの光は受光素子 9 の受光面 9 a 上には結像されない。

また、照射点の走査によって、図 4（b）に示すように、照射点 P はレンズアレイ 7 の集光レンズ部 7 a の光軸と交わる位置に移動する。この照射点 P から反射、散乱した光（測定光）は、主に集光レンズ部 7 a によってほぼ平行なビームに収束される。収束された測定光は、結像レンズ 8 の光軸と平行な状態で入射される。このため、照射点 P の像 K a は、受光素子 9 の受光面 9 a の幅方向のほぼ中心位置に形成される。

更に、照射点の走査によって図 4（c）に示すように、照射点は、レンズアレイ 7 の集光レンズ部 7 a に対向する範囲内で、その光軸に対し隣の集光レンズ部 7 b 寄りに移動する。すると、この照射点 P から反射、散乱した光（測定光）は、主に集光レンズ部 7 a によって収束され、結像レンズ 8 の光軸に対し図 4（a）の場合と逆の角度をもって結像レンズに入射される。このため、結像レンズ 8 は、受光素子 9 の受光面 9 a の幅方向の他端側の位置で点状の像 K a を形成する。

このように、照射点 P が集光レンズ部 7 a に対向する範囲内で移動すると、受光素子 9 の受光面 9 a 上の像 K a の位置は、受光面 9 a の走査方向幅の一端側から他端側に移動することになる。

また、照射点の走査にともなって、例えば図 5 (b) に示すように照射点 P が P' のように高さ方向に δ だけ移動すると、受光素子 9 の受光面 9 a 上の像が K' のようにずれてその位置に対応する電気信号 A, B が出力される。そして、この電気信号 A, B から照射点 P' の基準面からの高さが検出され、照射点 P の高さとの差 δ も判る。

そして、照射点 P の走査により、図 4 (d) に示すように、照射点 P が集光レンズ部 7 a と集光レンズ部 7 b の境界部に対向する位置に移動する。その照射点 P からの測定光は、隣接する 2 つの集光レンズ部 7 a, 7 b によってそれぞれほぼ平行なビームとなって収束され、結像レンズ 8 に入射される。このため、受光面 9 a の走査幅方向の両端に結像点 K a, K b が形成される。しかし、この 2 つの結像点 K a, K b の縦方向の位置はともに等しい。このため、受光素子 9 から、結像点が 1 つの場合と同様にその縦方向の位置に対応した電気信号が出力される。

照射点 P が更に走査されると、図 4 (e) に示すように、照射点 P が集光レンズ部 7 b に対向する範囲内まで移動する。すると、

照射点 P から反射，散乱した光（測定光）は、主に集光レンズ部 7 b によって収束され、その光軸に対し角度のある状態で結像レンズ 8 に入射される。そして、結像レンズ 8 は、受光素子 9 の受光面 9 a の幅方向の一端側の位置で点状の像 K b をつくる。

以下同様に、照射点 P がレンズアレイ 7 の走査方向幅（ここでは 36 mm）を走査される間に、結像点 K は、各集光レンズ部 7 a ～ 7 f ごとに受光面の走査方向幅の一端から他端まで移動する。これと同時に、測定対象物 30 の表面 30 a の変位に応じて縦方向に移動する。

そして受光素子 9 から、測定対象物 30 の表面 30 a の高さ変位に正確に対応した一対の電気信号 A，B が変位演算手段 10 に出力される。電気信号 A，B は、図 3 に示すように、電流電圧変換部 I/V により、それぞれ電圧変換される。変換された電気信号 A，B は、ともに加算部 12 と減算部 13 に出力される。そして、加減演算後、加算部 12 から加算信号、減算部 13 から減算信号が出力され、除算部 14 で除算されて変位信号 D を出力する。

この変位信号 D に基づいて各測定対象面 30 a の変位を測定することができる。

また、照射光の走査範囲より径が大きい 1 つの光軸廻りに均等な結像特性を有する集光レンズのみで照射点からの測定光をほぼ平行に収束して結像レンズへ出射する従来の方式に比べて、受光

面 9 a の幅が小さい受光素子 9 を用いることができるようになる。つまり、この種の受光素子 9 は、その幅が大きい程、応答速度が遅くなることが知られている。上記実施形態のように、小さな複数の集光レンズ部 7 a ~ 7 f で照射点 P からの測定光を収束するように構成することで、受光面 9 a の幅が小さく応答速度の速い受光素子 9 を用いることができる。これにより、走査速度を上げて受光素子 9 の信号出力に対する処理速度を上げることができ、測定時間を短縮することが可能となる。

上記実施形態では、ビームの走査範囲が 3.6 mm に対して、6 つの集光レンズ部 7 a ~ 7 f を有するレンズアレイ 7 を用いた構成であったが、これは本発明を限定するものではない。例えば、集光レンズ部 7 a ~ 7 f をより小さくすれば（例えば幅 2 mm）、受光素子 9 の受光面 9 a の幅をさらに小さくすることができ、受光素子 9 から出力される電気信号に対する処理速度をさらに上げることができる。

また、各集光レンズ部の焦点距離 f_1 と結像レンズ 8 の焦点距離 f_2 の比 f_2 / f_1 を小さくすれば受光素子 9 の縦方向の長さも小さくできる。一方、結像レンズ 8 の焦点距離 f_2 を小さくすると、結像レンズ 8 の周辺部においては収差が増大し、集光レンズ部 7 a ~ 7 f の幅が一定のまま焦点距離 f_1 を大きくすると、集光レンズ部 7 a ~ 7 f は暗くなり受光量が低下する。このため、測定対象物 30 の表面状態や測定に要求される精度等に応じて、

各レンズ 7, 8 の外径、焦点距離等を決定すればよい。

また、上記実施形態のレンズアレイ 7 は、複数の集光レンズ部 7 a ~ 7 f が合成樹脂あるいはガラスで一体成形されたものを用いたが、個別につくられた複数の集光レンズ部 7 a ~ 7 f を接着して一体化してもよく、また、各集光レンズ部 7 a ~ 7 f を接着せずに隙間のない状態で一行に並べたものであってもよい。

また、上記実施形態では、結像レンズ 8 は、一方の面が実際に球面状に形成されているレンズを用いていたが、光をその光軸の周りに均等にしぼり込むことができる結像レンズであればよく、両面が球面または非球面のレンズを用いてもよい。

発明を実施するための最良の実施形態 2

本実施の形態は、図 6, 7 に示すように、第 1 実施の形態の投光手段 2 から照射される照射光を、測定対象面 30 a に対し垂直入射させる位置に配置して、照射点 P で散乱した測定光を受光できるように、走査された照射光の光路面と対称の位置に一对の受光手段 6 (6-1, 6-2) を設けた例である。なお、以下の説明において、第 1 実施の形態と共通する構成及び機能は省略する。

図 8 は一对の受光素子 9 (9-1, 9-2) の出力に基づき測定対象物 30 の変位を演算する電氣的構成 (変位演算手段 15)

を示すブロック図である。

この変位演算手段 15 は、電流－電圧変換部 I/V 、前置加算部 11、加算部 12、減算部 13 及び除算部 14 を有している。前置加算部 11 は、各受光素子 9-1、9-2 ごとに、入力された電気信号を電圧変換する第 1 前置加算部 11a 及び第 2 前置加算部 11b が並列接続されて構成されている。加算部 12 は、各前置加算部 11a、11b からの電気信号 A、B を加算し、減算部 13 は、各前置加算部 11a、11b からの電気信号 A、B を減算する。除算部 14 は、加算部 12 及び減算部 13 から出力された信号を除算して変位信号 D を出力するようになっている。

次に、本実施の形態の作用について、図 8～10 を用いて説明する。光源 3 から照射された照射光は、偏向装置 4 により屈曲され、所定のストロークで走査される。走査された照射光は収束レンズ 5 を介して収束され、測定台 31 上に測定対象物 30 の測定対象面 30a に対して垂直に入射して測定対象面 30a 上に照射点 P を形成する。照射光は、測定対象面 30a が鏡面でないため、照射点 P から散乱する。照射点 P で散乱した散乱光（測定光）は、両レンズアレイ 7（7-1、7-2）で収束され、両結像レンズ 8（8-1、8-2）で光軸廻りに絞り込まれて両受光面 9a 上に結像点 K を形成する。

両受光面 9a 上に形成される結像点 K は、走査される照射光の

光路面から対称の位置に形成される。例えば図9に示すように、測定対象面30aが高さ方向に変位して照射点がP'の位置にくると、ともにK'の位置に移動する。また、測定対象面30aが高さ方向に変位して照射点がP''の位置にくると、ともにK''の位置に移動する。

そして各受光素子9（9-1，9-2）からは、測定対象物30の表面30aの高さ変位に正確に対応した一对の電気信号（A1，B1），（A2，B2）がそれぞれ出力され、この電気信号に基づいて各測定対象面30aの変位を測定することができる。

ここで、図10の側面図に示すように、照射点Pが測定対象面30aに形成される段差部30bの近傍に位置した場合、一方の受光素子9-1の方向に散乱されるはずの測定光が凸部の側面により遮断される（図中点線で記載）。この場合、遮断により結像されなかった一方の受光素子9-1からは測定対象物30の表面30aの高さ変位に対応した電気信号（A1，B1）が出力されない。

しかしながら、他方の受光素子9-2には、上述した通り照射点Pの像Kが結像され、測定対象物30の表面30aの高さ変位に正確に対応した電気信号（A2，B2）が出力され、この電気信号に基づいて各測定対象面30aの変位を測定することができる。

上述のように出力された電気信号 (A_1 , B_1), (A_2 , B_2) は、以下のように処理される。図 8 に示すように、電圧変換された電気信号 A_1 , A_2 は、第 1 前置加算部 11a に入力される。電圧変換された電気信号 B_1 , B_2 は、第 2 前置加算部 11b の入力される。

第 1 前置加算部 11a では電気信号 A_1 と A_2 が、第 2 前置加算部 11b では電気信号 B_1 と B_2 がそれぞれ加算され、電気信号 A , B として、加算部 12 と減算部 13 にそれぞれ出力される。

加算部 12 により加算された値 $A + B$ と減算部 13 により減算された値 $A - B$ は、ともに除算部 14 に出力され、 $(A - B) / (A + B)$ として算出され、変位信号 D として出力される。

なお、図 10 の如く、照射点 P が測定対象面 30a の段差部 30b 近傍に位置して一方の受光素子 9-1 には結像されなかった場合、例えば、その一方の受光素子 9-1 からは、電気信号 A_1 , B_1 は出力されないこととなる。この場合でも電気信号 A_2 , B_2 のみを電圧変換した後、前置加算部 11 で電気信号 A , B として出力し、加算部 12 及減算部 13 に入力して $A_2 + B_2$ と $A_2 - B_2$ を算出する。そして、除算部 14 で $(A_2 - B_2) / (A_2 + B_2)$ を算出して変位信号 D を算出することができる。このように、加算 ($A_2 + B_2$) 及び減算 ($A_2 - B_2$) された出力

を除算部14で除算する構成により、受光量の変動に影響されずに精度良い変位出力を得ることができるようになる。

ところで、上記構成の変位演算手段15によれば、各受光素子9-1, 9-2に対応する出力信号(電気信号)を予め加えてから加算及び減算を行った後に変位演算を行うため、除算部14を1つにまとめることができ、低コスト化できる。

また上述した変位演算手段15では、各受光素子9-1, 9-2の対応する出力信号(電気信号)を加算した後に変位演算を行ったが、図11に示すように、各受光素子9-1, 9-2からの出力信号ごとに変位演算を行う形式としてもよい。具体的には、上述した変位演算手段15において示した加算部12と減算部13を各受光手段6-1, 6-2ごとに構成する。

第1減算部13aから出力される減算信号sub1と第2減算部13bから出力される減算信号sub2はともに、減算信号加算部16に出力される。一方、第1加算部12aから出力される加算信号add1と第2加算部12bから出力される加算信号add2はともに、加算信号加算部17に出力される。

減算信号加算部16では、各減算信号sub1, sub2が加算されて、合計された電気信号subを出力する。加算信号加算部17では、各加算信号add1, add2が加算されて、合計

された電気信号 $a d d$ を出力する。

両電気信号 $s u b$, $a d d$ は除算部 14 に入力され、電気信号 $s u b$ は、電気信号 $a d d$ で除算される。そして、変位信号 D を出力する。

上記図 11 の変位演算手段 20 によれば、両受光手段 6-1, 6-2 の感度等左右のバランスが揃わない場合であっても、個々の加算信号同士、減算信号同士を加算するため、アンプのゲイン調整等を容易にすることができ、変位測定精度を向上させることができる。

更に上述した変位演算手段 15 では、各受光素子 9-1, 9-2 の対応する出力信号（電気信号）を加算した後に変位演算を行ったが、図 12 に示すように、各受光素子 9-1, 9-2 からの出力信号ごとに変位演算を行う形式としてもよい。具体的には、上述した変位演算手段 15 において示した加減演算部と除算部とを各受光手段 6-1, 6-2 ごとに構成する。

この変位演算手段 25 では、各加算部 12 における加算信号 L_1 ($A_1 + B_1$), L_2 ($A_2 + B_2$) は、それぞれレベル判定手段 21 に入力され、データ L_1 , L_2 が所定の基準値に達しているか否かが判別される。基準値に達していると判定された場合は、判定結果が選択手段であるデコーダ 22 に入力される。

判定結果により加算信号 L_1 のみが基準値に達している場合、一方の受光素子 9-1 側の変位信号 D_1 ($(A_1 - B_1) / (A_1 + B_1)$) を出力させる信号が切替手段 2 3 に出力され、スイッチ S_1 側に切り替わる。これにより変位信号 D_1 が出力される。

一方、判定結果により加算信号 L_2 のみが基準値に達している場合、他方の受光素子 9-2 側の変位信号 D_2 ($(A_2 - B_2) / (A_2 + B_2)$) を出力させる信号が切替手段 2 3 に出力され、スイッチ S_2 側に切り替わる。これにより変位信号 D_2 が出力される。

また、判定結果により加算信号 L_1 及び L_2 がともに基準値に達している場合、各受光素子 9-1, 9-2 の変位信号 D_1 , D_2 の平均値 D_3 を出力させる信号が切替手段 2 3 に出力され、スイッチ S_3 側に切り替わる。これにより平均化手段 2 4 で平均化処理された平均値 D_3 が出力される。

なお、加算信号 L_1 , L_2 がともに基準値より低い場合、デコーダ 1 7 は測定不能であるとしてアラーム信号を外部に出力し、変位出力は予め決められたある一定の値をとるようにする。

図 1 2 の変位演算手段 2 5 によれば、各受光素子 9-1, 9-2 にそれぞれ加算部 1 2 及び減算部 1 3 を設けた構成であり、ノ

イズレベルが増大することがなく S/N 比が良好であり、変位測定精度を向上させることができる。特に、一方の受光素子にしか光が入らない又は受光量が低いときでも所定の精度を得ることができる。

発明を実施するための最良の実施形態 3

本発明の第3実施の形態を説明する。変位測定装置の基本的な光学系は第1実施の形態及び第2実施の形態のいずれでもよい。図1に示すように、測定台31に載置される測定対象物30としては、装置の校正モード時に載置され測定対象面30aが平坦な基準対象物（例えばブロックゲージ）30A、及び、測定モード時に測定対象として載置され、測定対象面30aに測定対象物30Bがある。

図13は、変位測定装置のレンズアレイ7により発生する誤差を校正するための電氣的構成を示すブロック図である。図13に示す変位演算手段41は、第1実施形態又は第2実施形態に示した変位演算手段10、15、20、25と同一のものが用いられる。この変位演算手段41は、クロック発生手段40から供給されるクロック信号Cに基づき動作して、受光素子9の出力に基づき測定対象物30の変位量を示す変位信号Dを出力する。変位演算手段41における変位演算処理は、受光素子9の両電極から出力される電気信号A、Bを電圧変換した後、加算及び減算する。

減算された信号値を加算された信号値で除算し、変位信号 D (D 1, D 2) として処理手段 4 4 に出力する。

走査開始検出手段 4 2 は、光源 3 から入射される照射光を毎回走査開始する都度、単パルスの走査開始信号 S を計数手段 4 3 に出力する。

計数手段 4 3 は、カウンタで構成され、クロック信号 C と走査開始信号 S が入力される。計数手段 4 3 は走査開始信号 S が入力される都度、クロック信号 C に基づき計数値をカウント信号 C' として出力する。

処理手段 4 4 には偏差検出手段 4 5, 変位補正手段 4 6, 補正值記憶手段 4 7 が設けられる。

偏差検出手段 4 5 は、装置の校正モード時に動作して校正処理を実行する。この変位演算手段 4 1 には、あらかじめ形状が判っている滑らかな表面を持った基準対象物 3 0 A (例えばブロックゲージ) の測定対象面 3 0 a の変位信号 (以下「補正用変位信号」と称す) D 1 及び計数手段 4 3 のカウント信号 C' が入力される。そしてこの偏差検出手段 4 5 は、補正用変位信号 D 1 をカウント信号 C' に対応付けして補正值記憶手段 4 7 に記憶する。これにより、測定対象物 3 0 a を走査した際の各測定位置における補正用変位信号 D 1 の値が対応して記憶される。

補正值記憶手段 4 7 は、ROM, RAM 等を用いて構成されて

いる。例えば、書き換え可能なROMに対し、補正用変位信号D1をカウント信号C'に対応するアドレスでテーブル化して格納保持させる。後述する測定モード時には、このROMに格納された内容を予めRAMに転送させて読み出しの高速化を図る構成とすることができる。

変位補正手段46は、測定モード時に動作して補正された変位信号を出力する。この変位補正手段46は、変位演算手段41から測定しようとする測定対象物30Bの測定対象面30aの変位信号（以下「測定用変位信号」と称す）D2、及び計数手段43のカウント信号C'が入力される。なお、変位演算手段41が出力する上記補正用変位信号D1とこの測定用変位信号D2は、いずれも同一信号形態の変位信号であり、この実施形態では便宜上、モード別に異なる名称を附してある。

そして、この変位補正手段46は、計数手段43のカウント信号C'に基づき、補正值記憶手段47（RAM）の対応するアドレスに格納されている補正用変位信号D1（補正用データE）を読み出す。そして、変位演算手段41から入力される測定用変位信号D2と補正用データEに基づき補正演算処理して補正された変位信号を出力する。この補正演算処理は、測定用変位信号D2から補正用データEを減算処理する。

次に、上記構成の装置の動作を各モード別に説明する。図14

は、校正モード時の処理内容を示すフローチャートである。

校正モード時には、まず、補正治具 3 2 により変位測定装置 1 及び基準対象物 3 0 A の設定・調整を行う (S T 1)。図 1 5 は校正モード時の装置の状態を示す正面図、図 1 6 は同側面図である。

補正治具 3 2 は、図示のように水平な取付基準面 T となる突き当てプレート 3 3 を有する。取付基準面 T は測定台 3 1 の表面 3 1 a と平行となるように突き当てプレート 3 3 が調整されている。測定台 3 1 に基準対象物 3 0 A を載置する。このとき、基準対象物 3 0 A の基準対象面 3 0 a を測定できるように、変位測定装置 1 を上下調整する。

次に、変位測定装置 1 を校正モードで動作させる。そして、光源 3 からの照射光を偏向装置 4 で偏向させ、基準対象物 3 0 A の基準対象面 3 0 a 上に照射させる (S T 2)。この際、走査開始検出手段 4 2 は照射光の偏向 (走査) が開始された都度、計数手段 4 3 に走査開始信号 S を出力する。

照射点 P が基準対象物 3 0 A の基準対象面 3 0 a 上に直線的に走査されると、照射光は入射角度と同じ角度で受光手段 6 に正反射され、レンズアレイ 7 に入射される。

レンズアレイ 7 は光軸廻りに均等な結像特性を有する複数の集光レンズ 7 a ~ 7 f の集合体であるから、各照射点 P からの反射

光は、平行に収束され、結像レンズ8で絞られて受光面9a上に結像される(ST3)。

基準対象物30Aの測定対象面30aは平坦な精度を有しているため、測定対象面30a上のどの位置の照射点Pも、受光面9aの縦方向の決まった位置に結像されるはずである。しかし、実際にはこの結像点Kから得られる変位には、図17に示すような偏差が現れる。

この偏差は、レンズアレイ7の各集光レンズ部7a~7f毎に焦点距離f1が異なっていたり、組み立て時におけるレンズアレイ7の設置位置、方向のばらつき等により生じる。ここで、tは各1つの集光レンズ部7a~7fの幅に対応し走査時に通過する時間に相当する。

受光素子9の両端に設けられる電極からこの偏差に対応する電気信号A、Bが変位演算手段41に入力されて変位演算処理され、校正用変位信号D1として偏差検出手段45に出力される(ST4)。

一方、走査開始信号Sとクロック信号Cが計数手段43に入力されると、クロックパルスを走査開始信号Sの入力時からカウントして行く(ST5)。このカウント信号C'は、偏差検出手段45に出力される。

カウント信号 C' は偏差検出手段 45 に入力され、 $C' 1$ から $C' n$ までの各クロックパルス毎に補正用変位信号 $D 1$ に対応付けられる。即ち、各測定点 P における補正用変位信号 $D 1$ は、補正值記憶手段 47 にカウント値に対応したアドレス別にテーブル化されて記憶される (ST 6)。補正值記憶手段 47 は、各アドレスにそれぞれ各測定点 P の補正用変位信号 $D 1$ が格納される。この補正用変位信号 $D 1$ は、上記偏差に相当する値となる。

なお、照射光の走査時、走査開始信号 S を起点としてクロック信号 C に基づき、レンズアレイ 7 の各集光レンズ部 7 a ~ 7 f を通過する時期が予め設定されている。

次に、図 18 は、測定モード時の処理内容を示すフローチャートである。

まず、測定しようとする測定対象物 30 B を、測定台 31 に載置する (ST 7)。次に変位測定装置 1 による測定を開始させる。なお、上記校正モード時、及びこの測定モード時のいずれにおいても、変位測定装置 1 の光学系の動作は同様であり、変位演算手段 41 は同様の変位演算処理を実行する。

即ち、光源 3 から照射光を照射し、偏向装置 4 によって偏向された照射光が、測定台 31 上に載置されている測定対象物 30 B の測定対象面 30 a に照射され、この照射点 P は直線的に走査される (ST 8)。

このとき、走査開始検出手段 4 2 は、光源 3 からの照射光を走査開始する毎に計数手段 4 3 に走査開始信号 S を出力する。

照射光は、偏向により照射点 P が測定対象物 3 0 B の測定対象面 3 0 a 上を走査する。この照射光は測定対象面 3 0 a 上で反射されてレンズアレイ 7 で収束され、結像レンズ 8 で更に絞り込まれて受光素子 9 の受光面に結像される (S T 9)。この測定時においても結像点 K の位置から得られる変位には、前記レンズアレイ 7 により発生する誤差 (基準対象物 3 0 A の基準対象面 3 0 a で測定された偏差) が含まれている。

図 1 9 は、レンズアレイ 7 の設置位置のばらつき等により生じる偏差を示すための図である。図 1 9 (a) は測定対象物 3 0 B の測定対象面 3 0 a の形状が示されている。

図 1 9 (b) は、レンズアレイ 7 の各集光レンズ部 7 a ~ 7 f で生じる偏差を示す図である。図示の例のように、受光素子 9 の受光面 9 a 上における縦方向の結像点 K の位置は各集光レンズ部 7 a ~ 7 f 別にそれぞれ異なり、結像点 K の位置から得られる変位には所定の偏差が生じる。

ここで、受光素子 9 の両端に設けられる電極からこの偏差を含む電流信号 A, B が変位演算手段 4 1 に入力されて演算処理され、測定用変位信号 D 2 として偏差検出手段 4 5 に出力される (S T

10)。

一方、走査開始信号Sとクロック信号Cが計数手段43に入力されると、各クロックパルスは、走査開始信号Sの入力時からカウントされる(ST11)。このカウント信号C'は、偏差検出手段45へ出力される。

偏差検出手段45は、カウント信号C'の各クロックパルスC'1~C'nに基づき、現在走査している照射点Pの位置を得て測定用変位信号D2に対応付けする(ST12)。また、補正值記憶手段47には、各アドレスにそれぞれ各測定点Pの校正用変位信号D1(偏差を示す補正データE)がテーブル形式で格納されている。

そして、この偏差検出手段45は、補正值記憶手段47から測定用変位信号D2のカウント値C'と同一のカウント値(アドレス)に格納された補正データEを読み出す。そして、測定用変位信号D2からこの補正データEを減算処理する(ST13)。

図19(c)は、補正演算した後の測定対象物30Bの変位信号である。図示のように、補正データEにより補正演算することにより、レンズアレイ7の偏差を解消した変位信号を出力できるようになる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明の変位測定装置は、I Cリードの浮き及び曲がり測定，B G Aの半田ボールの高さ測定，プリント基板に印刷されたクリーム半田の高さ測定，シリコンウェハ上のバンプの高さ測定等に有用である。

請 求 の 範 囲

1. 測定対象面に照射した照射光を走査し、受光素子の受光面上に形成された結像点の検出位置に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置において、

前記走査した照射光を前記測定対象面上に照射して照射点を形成する投光手段と、

前記照射点からの測定光を受光素子の受光面上で受光して結像点を形成する受光手段とを有し、

該受光手段は、

光軸廻りに均等な結像特性を有する複数の集光レンズ部が前記照射光の走査方向に沿って構成され、前記測定光を収束させるレンズアレイと、

光軸廻りに均等な結像特性を有し、前記収束された測定光を前記受光面上に前記結像点を形成させる結像レンズと、
を備えていることを特徴とする変位測定装置。

2. 前記受光素子は、前記結像レンズから焦点距離離れた位置に設けられることを特徴とする請求項1記載の変位測定装置。

3. 前記複数の集光レンズ部は、互いに平行な光軸を有し、それぞれ前記照射点から焦点距離離れた位置において前記各光軸と直交する一直線上に並列配置されて、前記レンズアレイを構成することを特徴とする請求項1又は2のいずれかに記載の変位測定装

置。

4. 前記レンズアレイ、前記結像レンズ及び前期受光素子の配置関係が、 $0 < (f_2 / f_1) \cdot t < w$ で表されることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の変位測定装置。

但し、前記受光面の走査方向と平行な受光幅 w 、前記各集光レンズ部の走査方向と平行なレンズ幅 t 、前記集光レンズ部の焦点距離 f_1 、前記結像レンズの焦点距離 f_2 とする。

5. 前記投光手段は、前記走査した照射光を前記測定対象面上に垂直入射して照射点を形成し、

前記受光手段は、前記走査された照射光の光路面から対称の位置において前記照射点から等距離に一对設けられていることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の変位測定装置。

6. 前記一对の受光素子の受光面に形成された前記結像点の結像位置に基づき、前記測定対象面の変位信号を演算出力する変位演算手段を備えることを特徴とする請求項5記載の変位測定装置。

7. 前記変位演算手段は、

前記一对の受光素子の各受光面上での結像位置に応じて得られた4つの電気信号をそれぞれ電流電圧変換した後、前記走査された照射光の光路面に対称の位置から得られる電気信号同士をそれぞれ加算する2つの前置加算部と、

該前置加算部で得られた各々の電気信号を加算する加算部と、

前記前置加算部で得られた各々の電気信号を減算する減算部と、

該減算部で得られた電気信号を前記加算部で得られた電気信号で除算する除算部と、

を具備することを特徴とする請求項 6 記載の変位測定装置。

8. 前記変位演算手段は、

前記受光素子の各受光面上での結像位置に応じて得られた一対の電気信号をそれぞれ電流電圧変換した後、該一対の電気信号同士を加算する加算部と、前記一対の電気信号同士を減算する減算部とを、前記各受光手段ごとに有し、

前記各加算部から得られた加算信号同士を加算する加算信号加算部と、

前記各減算部から得られた減算信号同士を加算する減算信号加算部と、

該減算信号加算部で得られた電気信号を前記加算信号加算部で得られた電気信号で除算する除算部と、

を具備することを特徴とする請求項 6 記載の変位測定装置。

9. 前記変位演算手段は、

前記受光素子の受光面上での結像位置に応じて得られた一対の電気信号をそれぞれ電流電圧変換した後、該一対の電気

信号同士を加算する加算部と、前記一对の電気信号同士を減算する減算部と、該減算部で得られた減算信号を前記加算部で得られた加算信号で除算する除算部とを、前記各受光手段ごとに有し、

前記各除算部で除算された値に対応する各変位信号及び前記除算された値の平均値に対応する変位信号の入力を受け、いずれかの変位信号を出力するように切替自在な切替手段と、

前記各加算信号が所定の基準値を満たしているか否かを判定するレベル判定手段と、

該レベル判定手段における判定結果に基づき前記切替手段に入力される前記各変位信号のうち適切なものを選択的に切り替えて出力する選択手段と、

を具備することを特徴とする請求項 6 記載の変位測定装置。

10. 測定対象面に照射した照射光を走査し、受光素子の受光面上に形成された結像点の検出位置に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置において、

前記走査した照射光を前記測定対象面上に照射して照射点を形成する投光手段と、

光軸廻りに均等な結像特性を有する複数の集光レンズ部が前記照射光の走査方向に沿って構成され、前記照射点からの測定光を収束させて前記受光素子側に出射するレンズアレイと、

前記受光素子の受光面に形成された前記結像点の結像位置に基づき、前記測定対象面の変位量を演算出力する変位演算手段と、

前記レンズアレイを通過した光の結像位置のばらつきにより発生する前記結像点の偏差を前記走査方向の複数箇所それぞれ検出し、該検出された偏差に基づき、前記測定対象面の変位量を補正して出力する処理手段と、
を備えたことを特徴とする変位測定装置。

1 1. 前記処理手段は、

前記結像点の偏差を、基準対象物を用いて検出する偏差検出手段と、

該偏差検出手段で検出された偏差を補正データとして格納保持する補正值記憶手段と、

前記測定対象面の変位量の測定時に、前記補正值記憶手段に格納された補正データに基づき前記変位演算手段から出力された変位量を補正演算して出力する変位補正手段と、
を備えたことを特徴とする請求項 10 記載の変位測定装置。

1 2. 前記照射光が走査される都度走査開始信号を出力する走査開始検出手段と、

前記走査開始検出手段の走査開始信号に基づき、現在の照射光の走査位置を計数する計数手段とを備え、

前記偏差検出手段は、前記計数手段から出力される現在の照射光の走査位置に前記検出された偏差を対応づけて補正データとして補正值記憶手段に格納保持させ、

前記変位補正手段は、前記変位演算手段から出力された変位量

の信号を、前記計数手段から出力される現在の照射光の走査位置に対応する補正データを前記補正值記憶手段から読み出し補正演算して出力する請求項 1 1 記載の変位測定装置。

1 3. 測定対象面に照射した照射光を走査し、受光素子の受光面上に形成された結像点の結像位置に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定装置において、

前記走査した照射光を前記測定対象面上に照射して照射点を形成する投光手段と、

光軸がそれぞれ平行で、それぞれ前記照射点から焦点距離離れた位置において前記各光軸と直交する一直線上に並列配置されている複数の光軸廻りに均等な結像特性を有する集光レンズ部で形成され、前記照射点からの測定光を収束させて前記受光素子側に出射するレンズアレイと、

前記測定対象面での光の走査の開始点を検出する走査開始検出手段と、

前記受光素子の受光面に形成された前記結像点の結像位置に基づき、前記測定対象面の変位量を演算出力する変位演算手段と、

前記レンズアレイを通過した光の結像位置のばらつきにより発生する変位量の偏差に基づき前記変位量を補正演算して出力する処理手段とを備え、

前記処理手段は、校正モードと測定モードを備え、

校正モード時には、基準対象物を用いて前記レンズアレイを通過した光の結像位置のばらつきにより発生する変位量の偏差を前

記走査方向の複数箇所それぞれ検出し、

測定モード時には、測定対象物の変位量を前記偏差に基づき前記走査方向の複数箇所それぞれ補正して出力することを特徴とする変位測定装置。

14. 測定対象面上に照射された照射光で形成される照射点を走査し、光軸がそれぞれ平行で、それぞれ前記照射点から焦点距離離れた位置において前記各光軸と直交する一直線上に並列配置されている複数の光軸廻りに均等な結像特性を有する集光レンズ部で形成されるレンズアレイで前記照射点からの光を収束させ、受光素子の受光面上に結像点を形成させることにより、前記受光面上における結像位置のばらつきにより発生する変位量の偏差に基づき、前記測定対象面の変位量を非接触で測定する変位測定方法において、

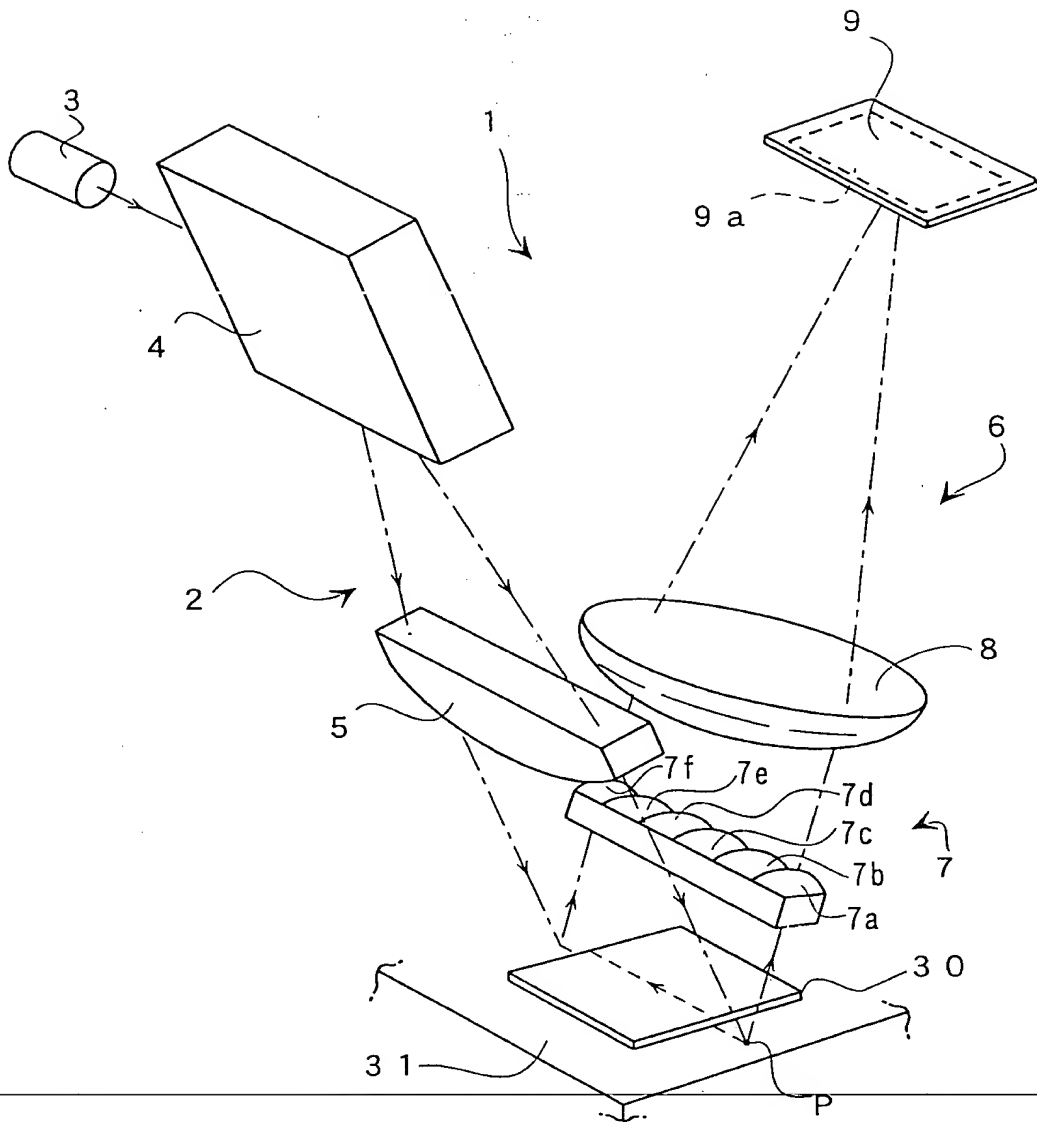
予め基準対象物を用いて測定対象面の走査方向各点における前記受光素子の受光面上での結像点の偏差を検出し、測定対象物の測定時に得られた走査方向各点における変位量をそれぞれ前記偏差に基づき補正することを特徴とする変位測定方法。

15. 前記照射光の走査位置を、走査開始点を起点として時間を計数することにより、刻時検出して前記偏差の検出用及び前記補正演算用として用いる請求項14記載の変位測定方法。

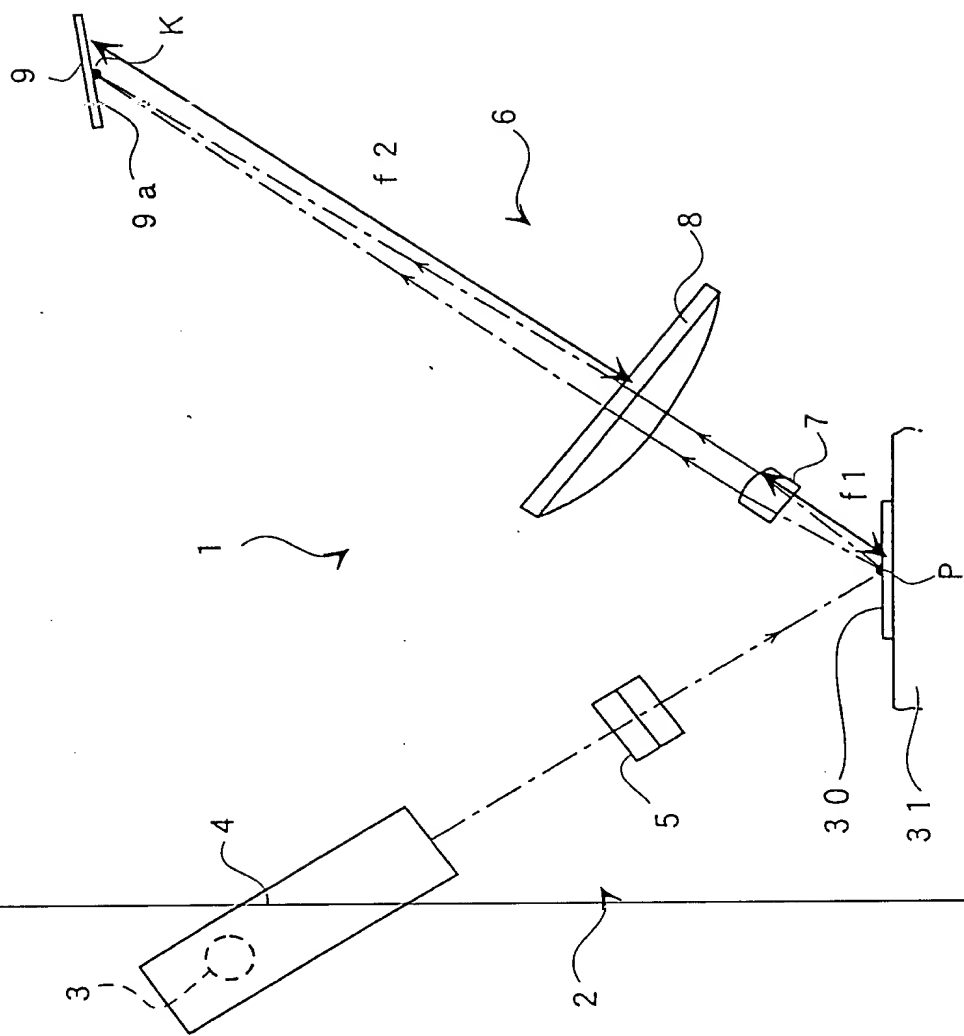
要 約 書

測定対象面の変位（凹凸）の測定を、高精度かつ高速に行う変位測定装置を提供する。変位測定装置1は、測定対象面30aに照射した照射光を走査し、受光素子9の受光面9a上に形成された結像点Kの結像位置に基づき、測定対象面30aの変位量を非接触で測定する。受光手段9は、照射光の走査方向に沿った光軸廻りに均等な結像特性を有する複数の集光レンズ部7a～7fを有し、測定光を収束させるレンズアレイ7と、光軸廻りに均等な結像特性を有し、収束された測定光を受光面9a上に結像点Kを形成させる結像レンズ8とを備える。照射点Pからの反射光は、レンズアレイ7により収束される。収束された反射光は、結像レンズ8により受光素子9の受光面9a上に結像される。これにより、受光面9aの幅方向に収差の少ない状態で受光面9a上に結像させることができ、測定対象面30aの表面状態について、高精度の変位測定を行うことができる。

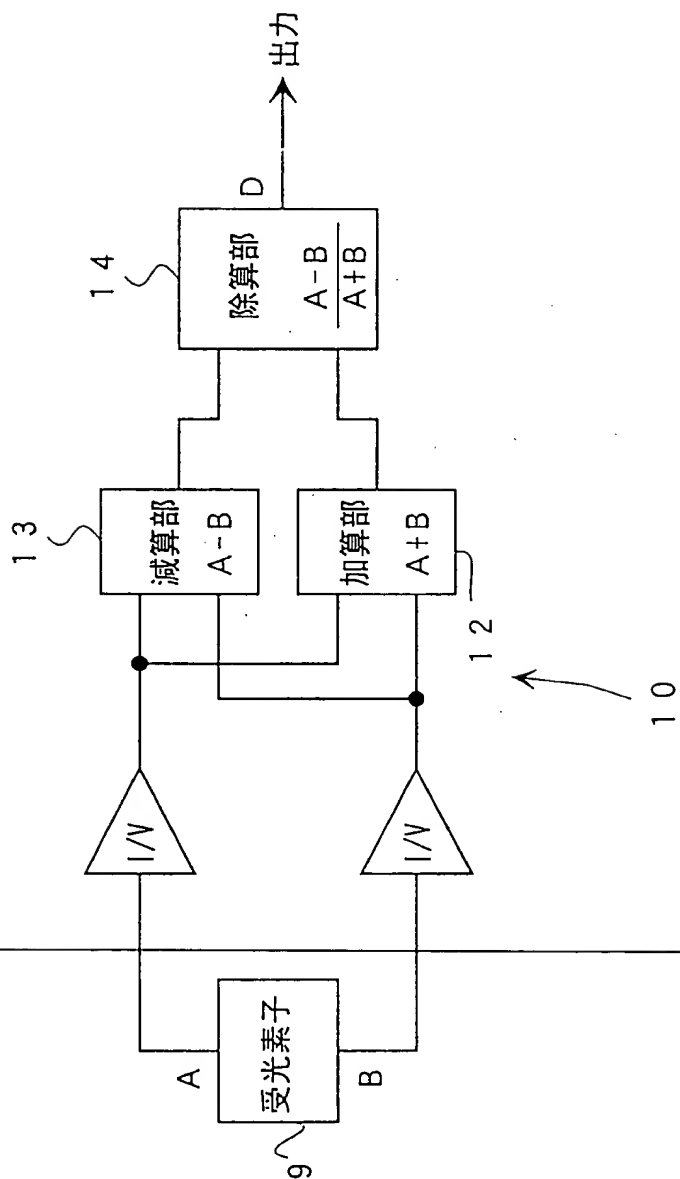
第 1 図



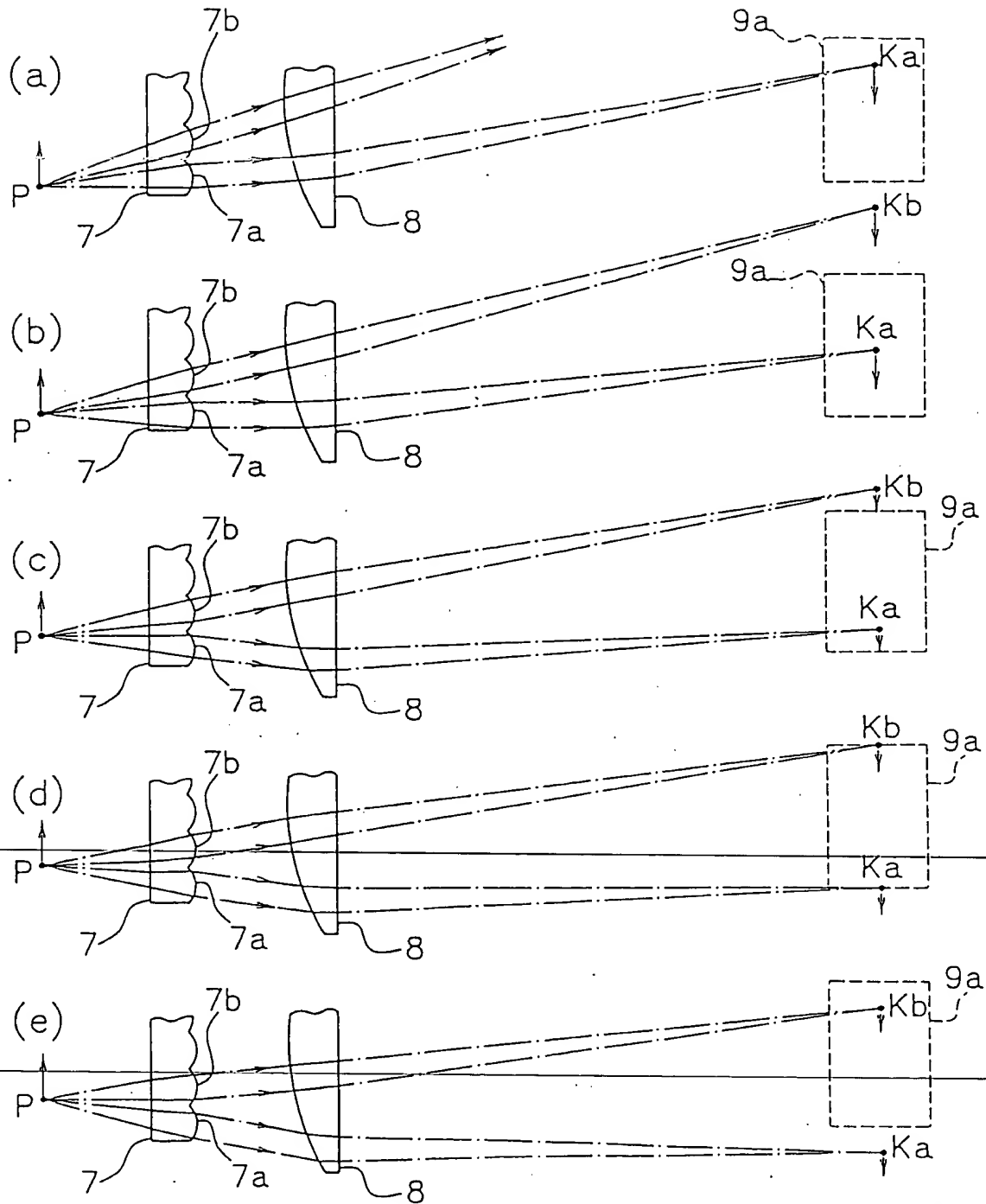
第 2 図



第 3 図



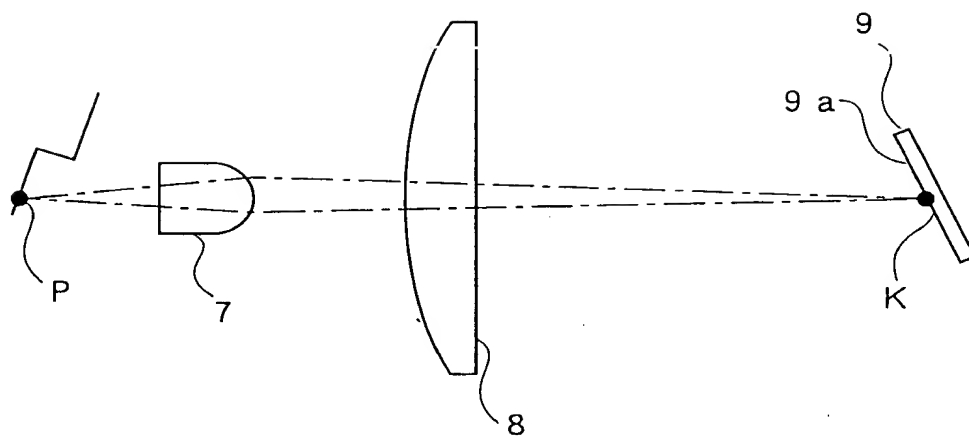
第 4 図



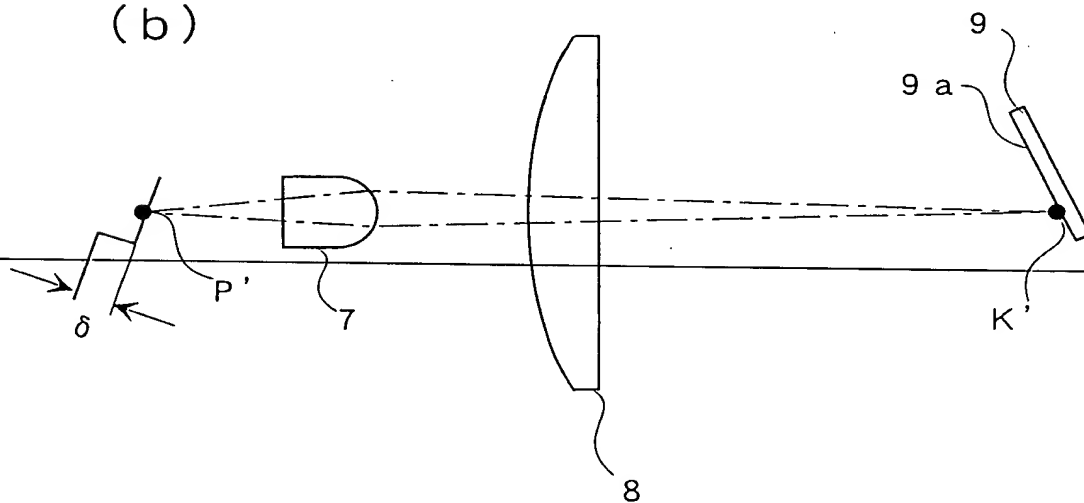
5/22

第 5 図

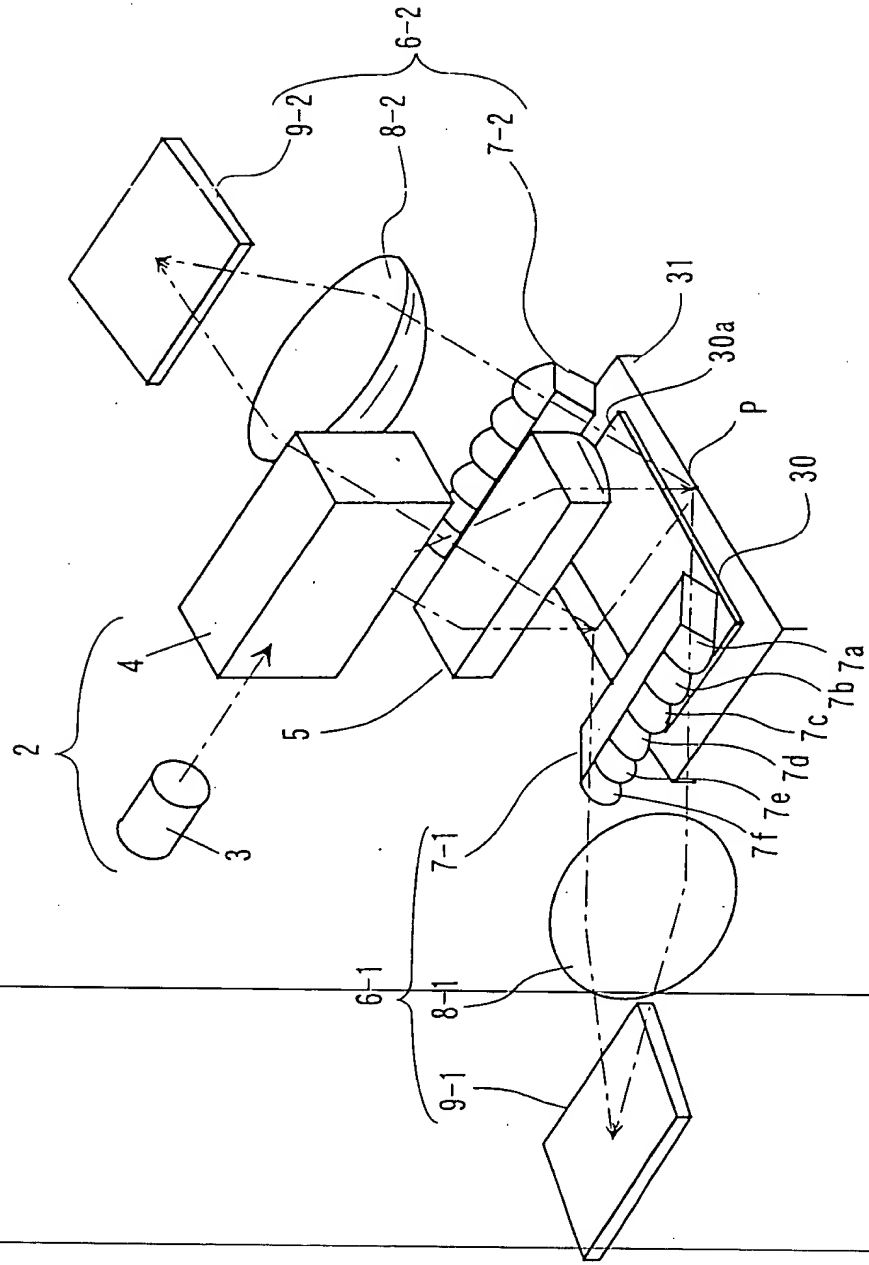
(a)



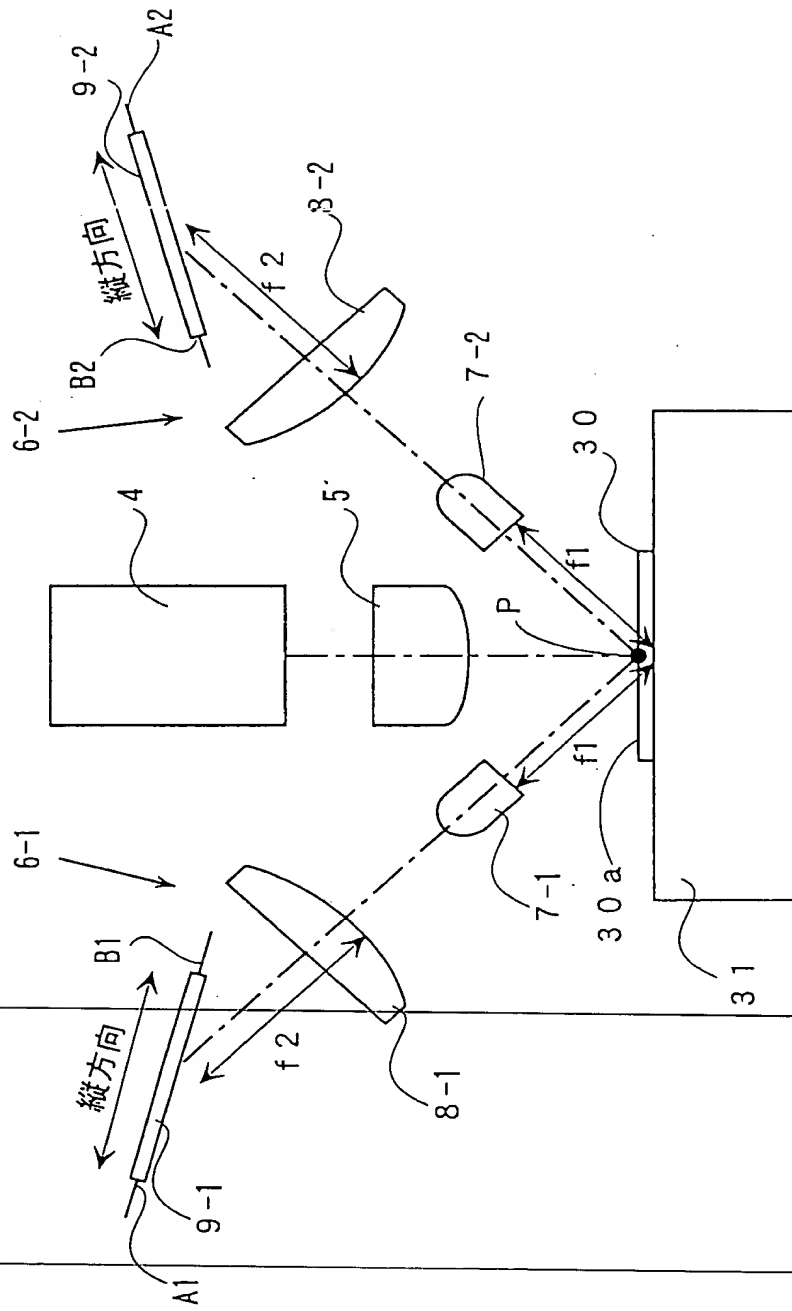
(b)



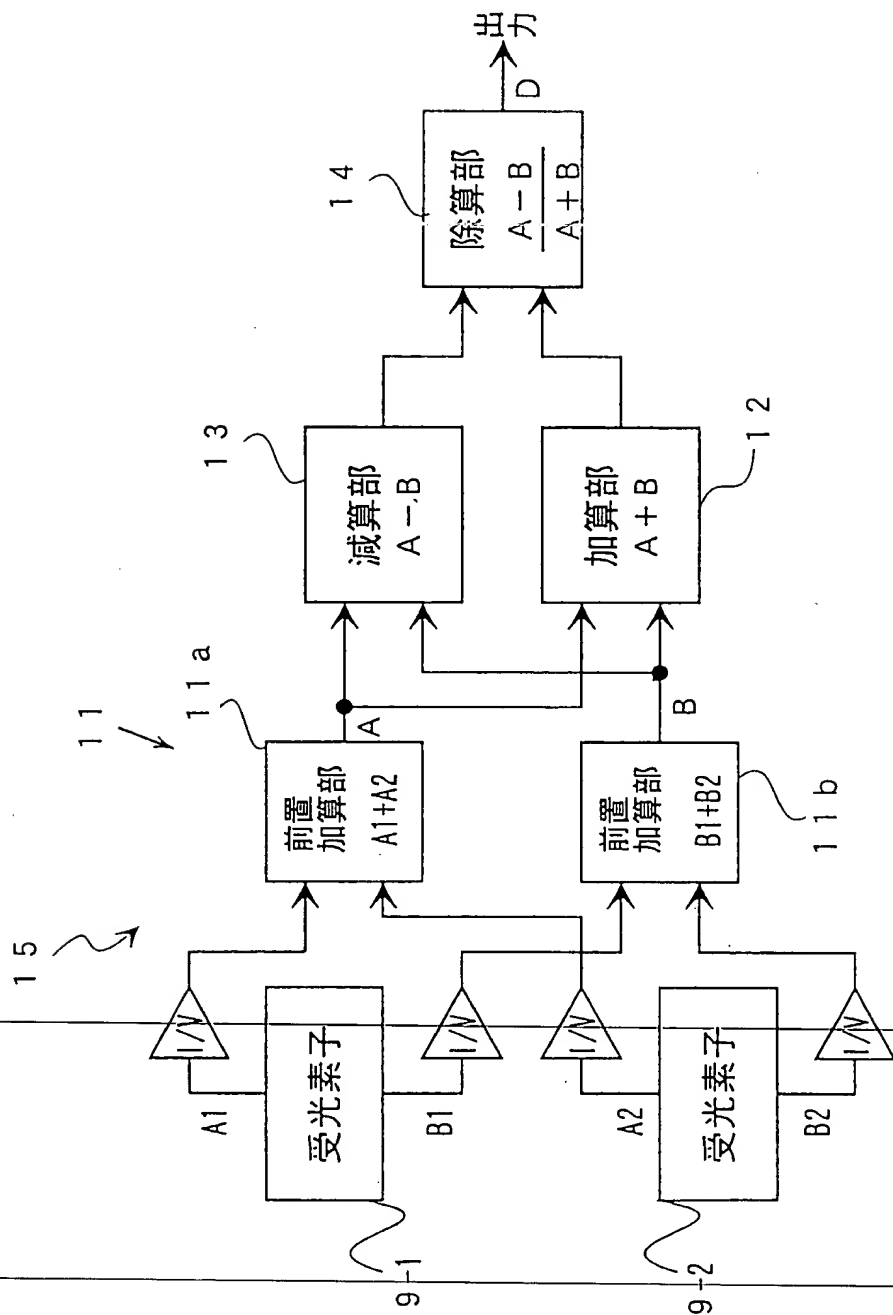
第 6 図



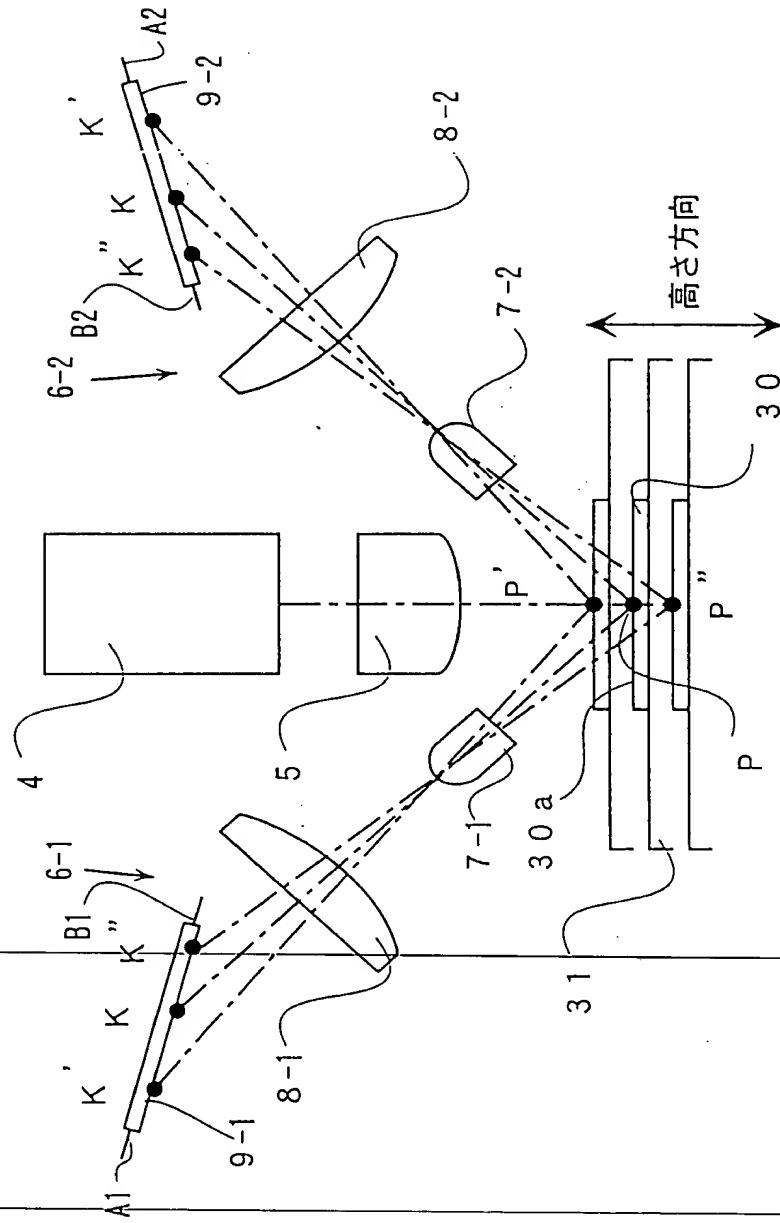
第 7 図



第 8 图

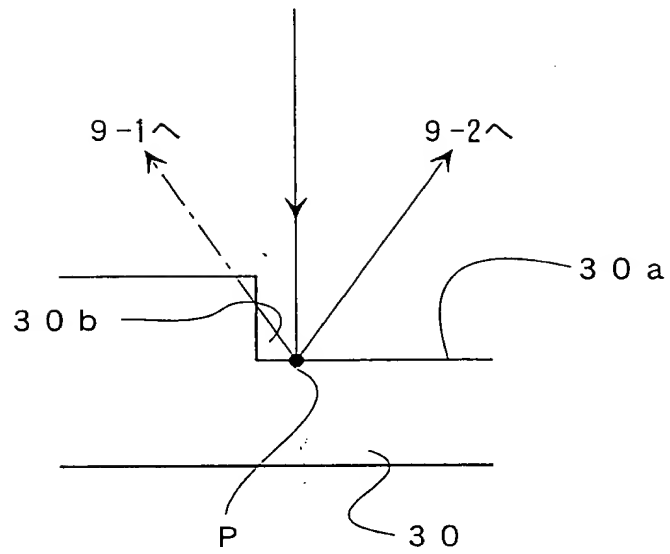


第 9 図

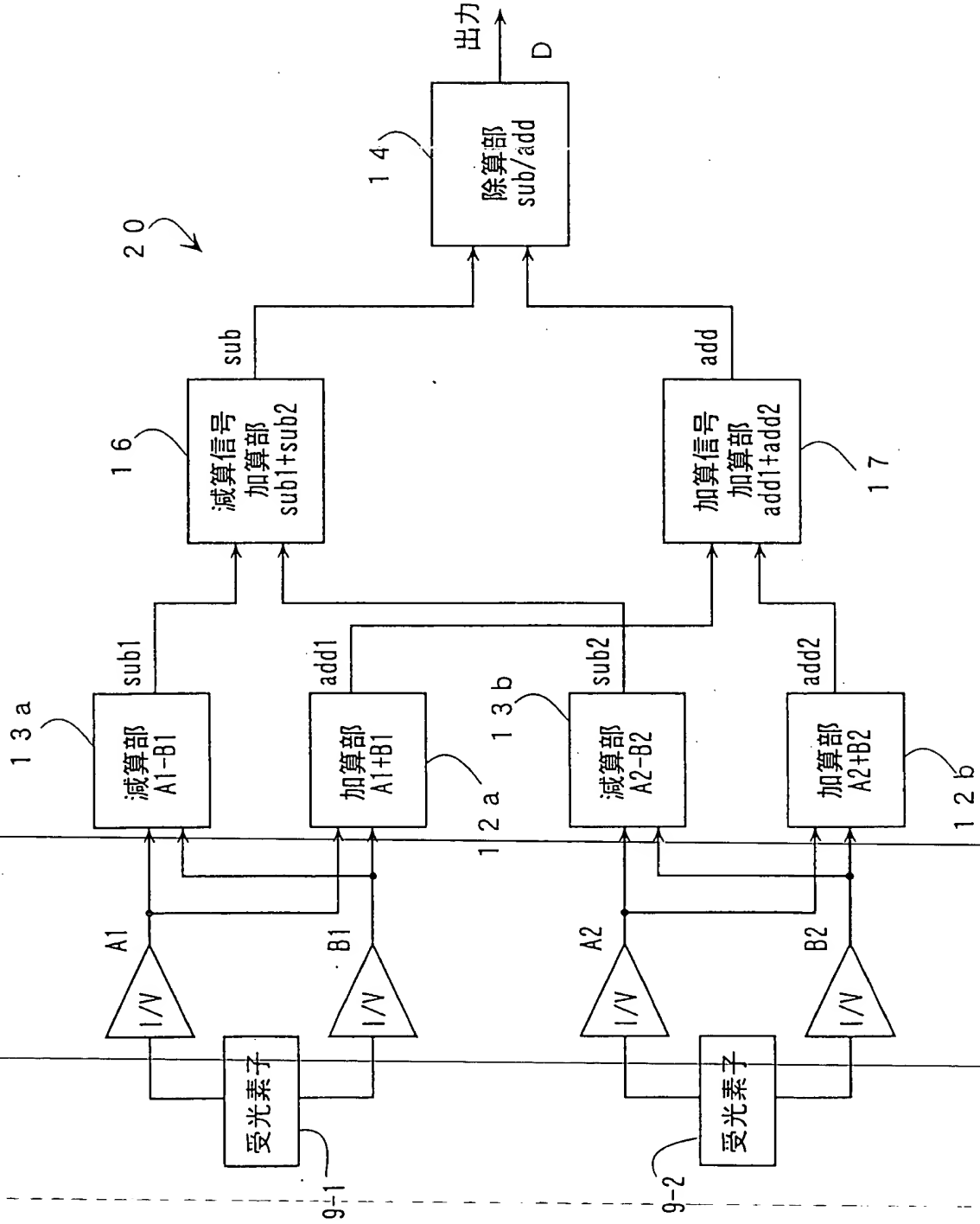


10/22

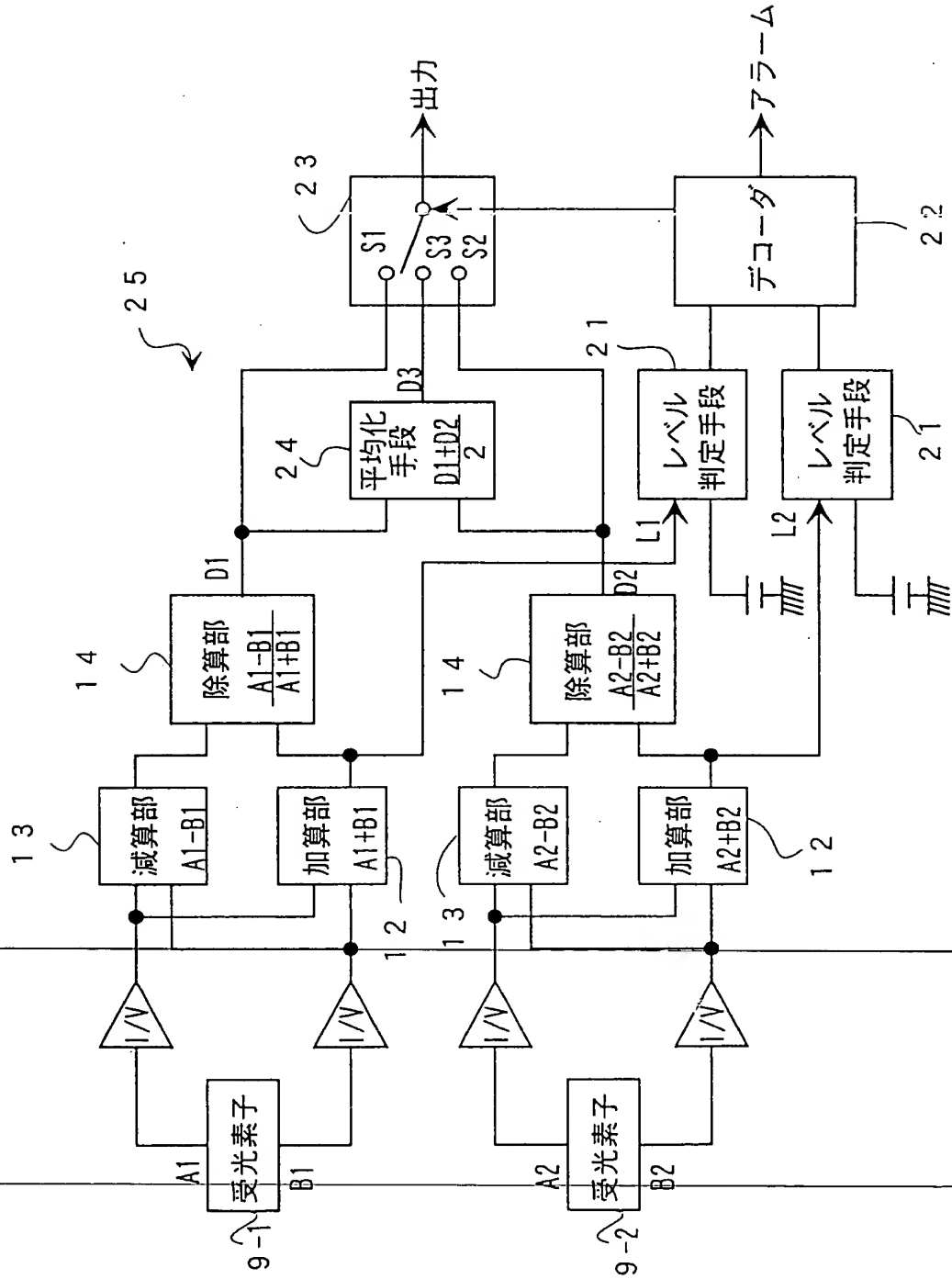
第 10 図



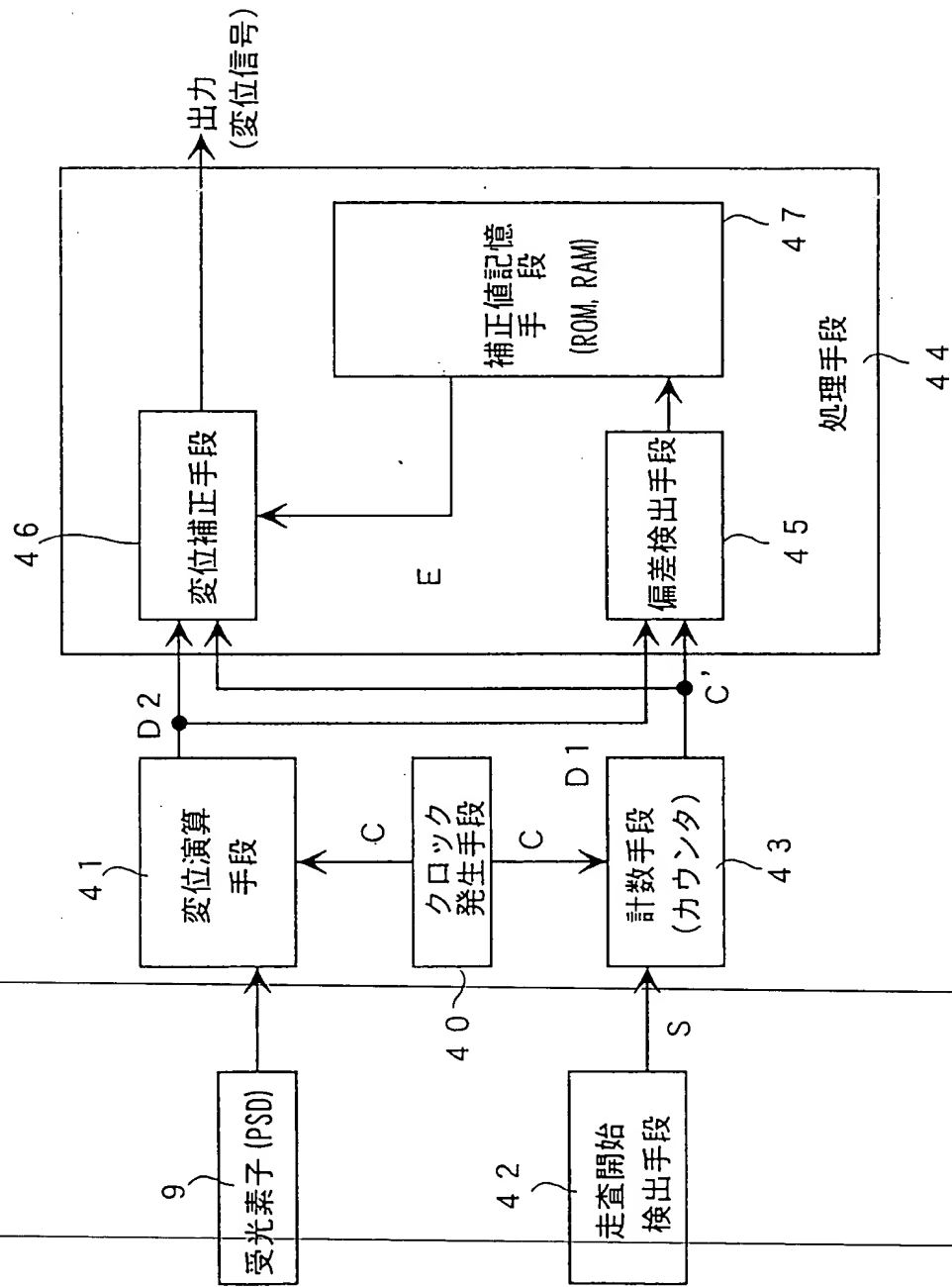
第 11 図



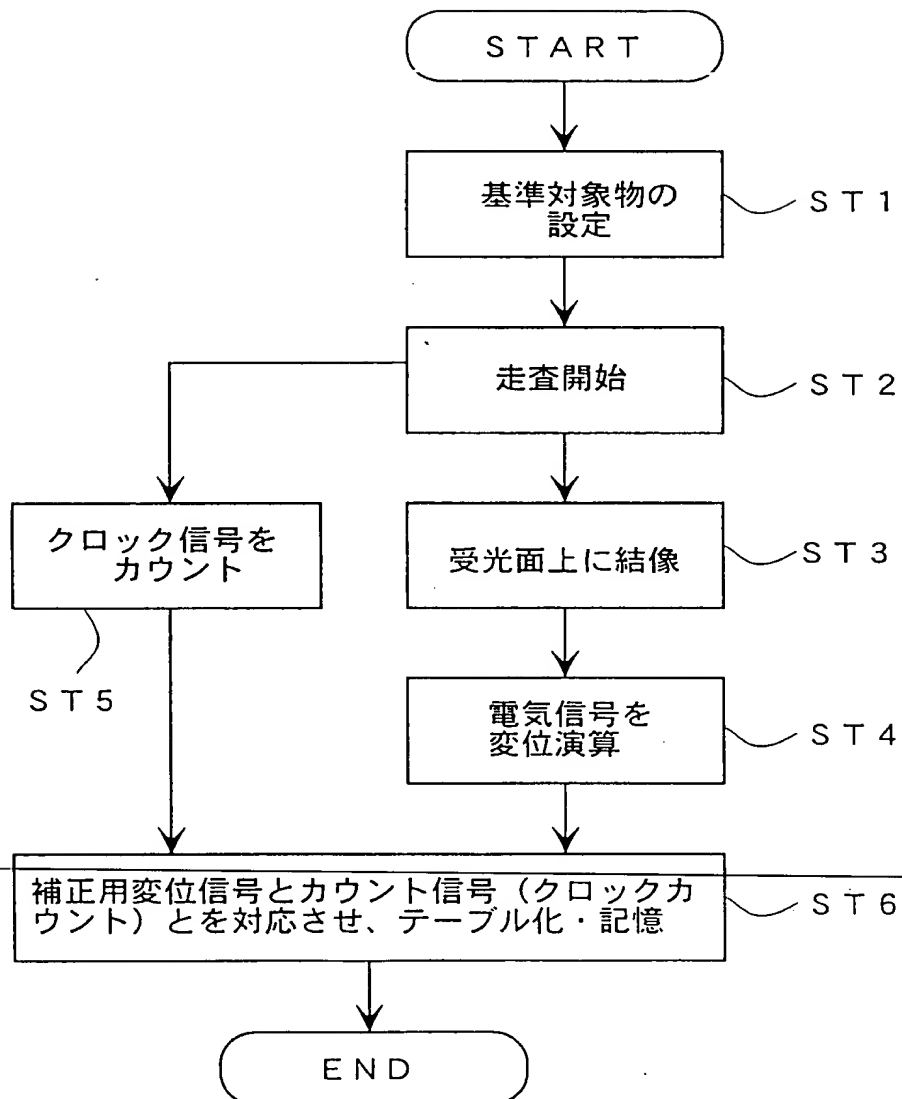
第 12 図



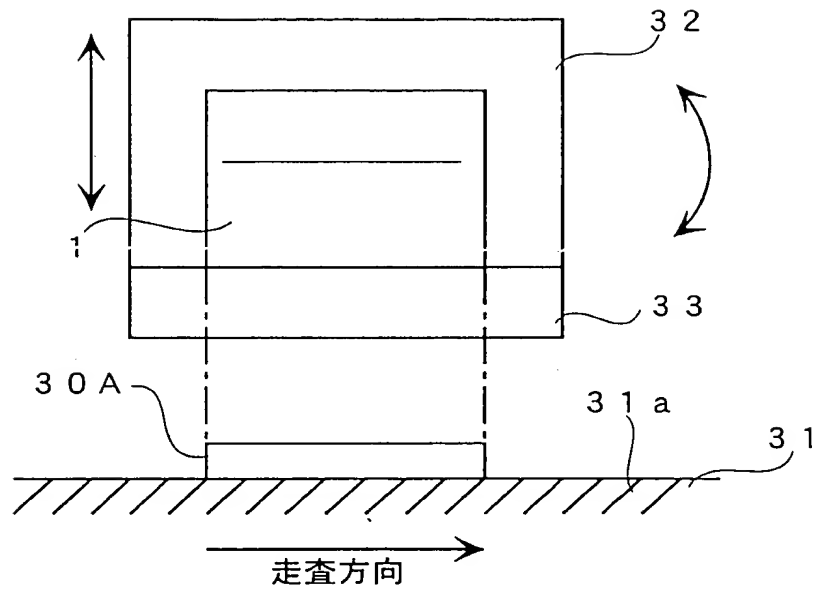
第 13 図



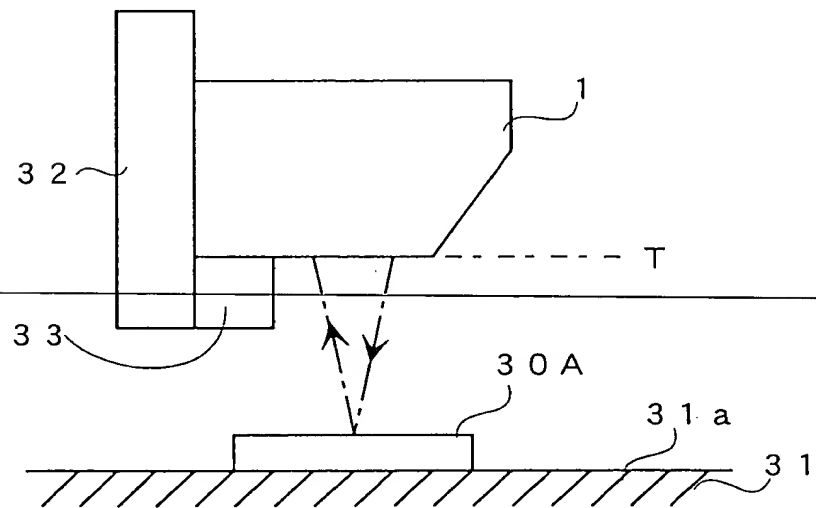
第 1 4 図



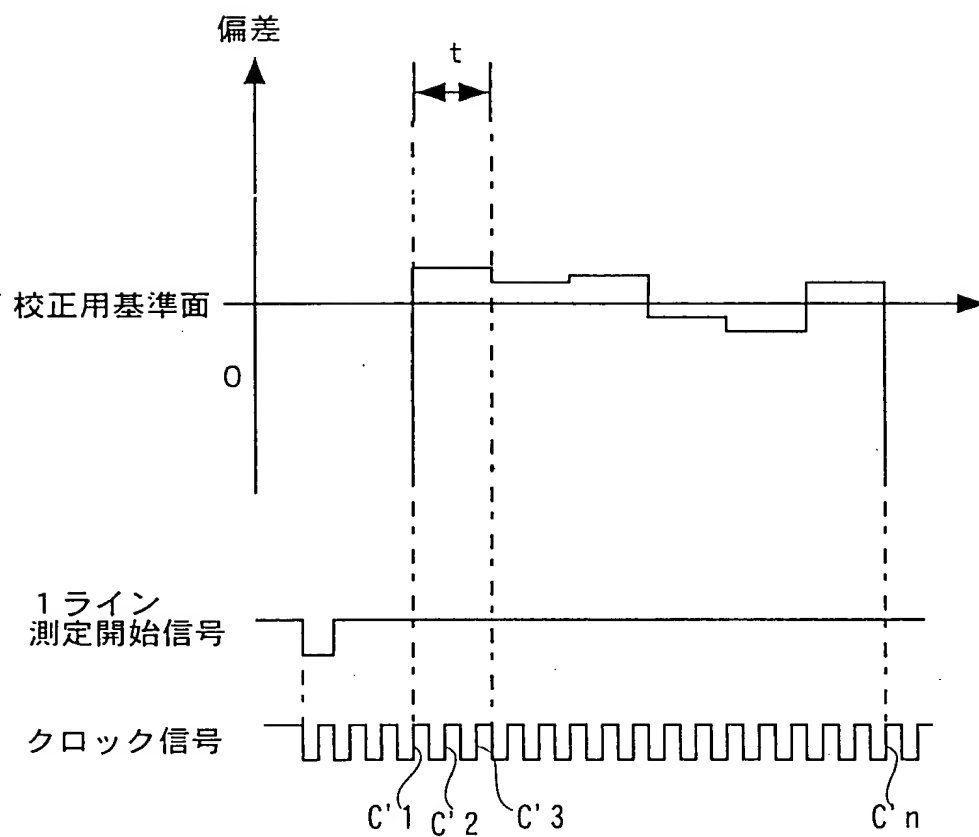
第 1 5 図



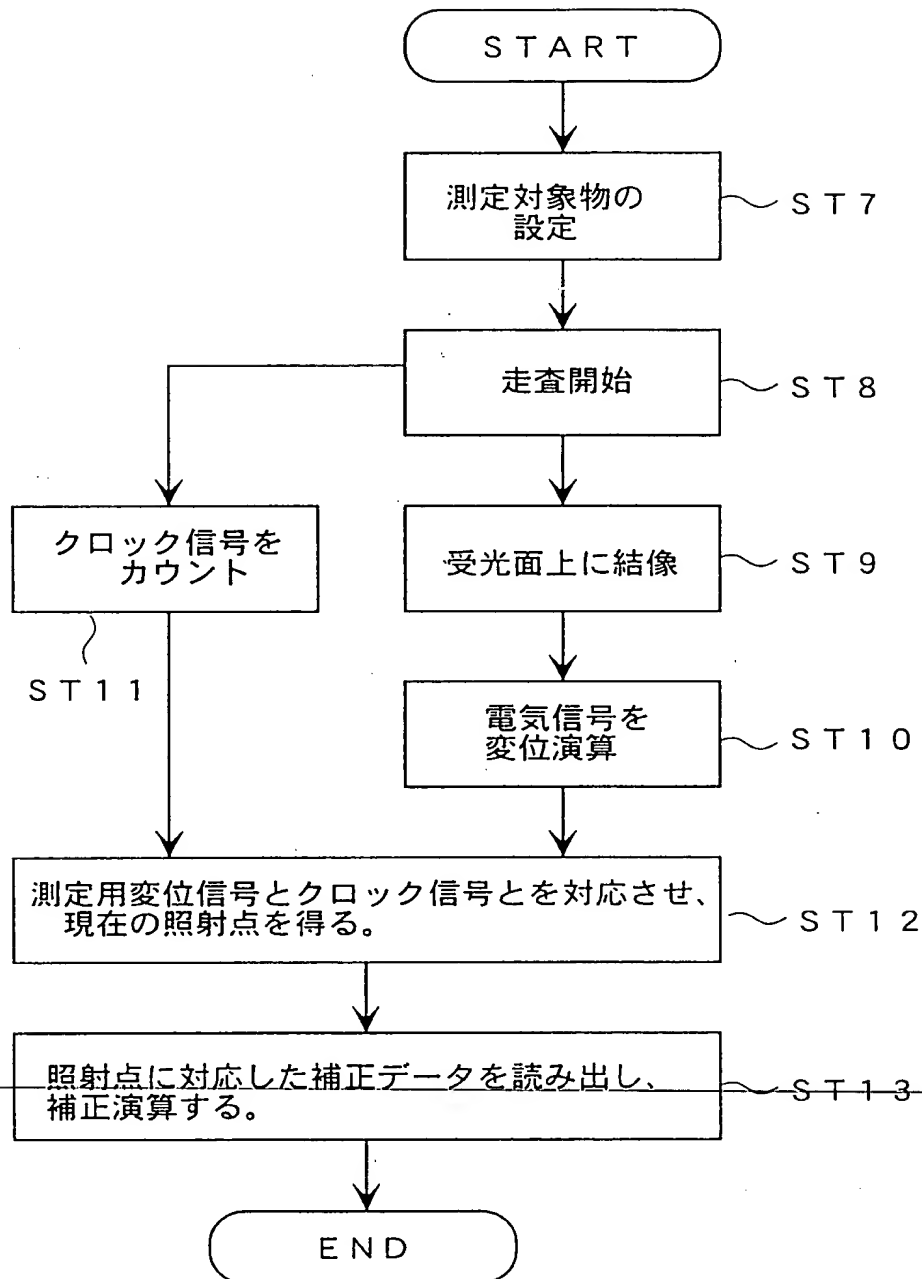
第 1 6 図



第 17 図

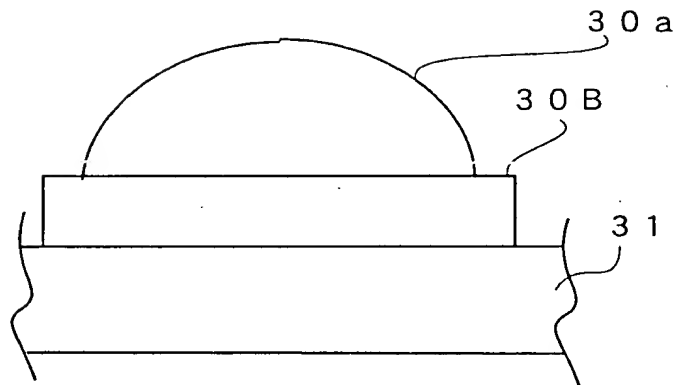


第 1 8 図

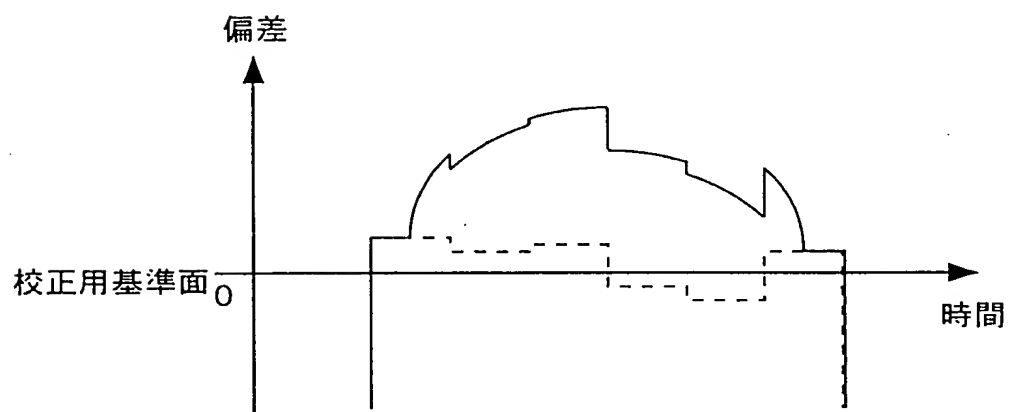


第 19 図

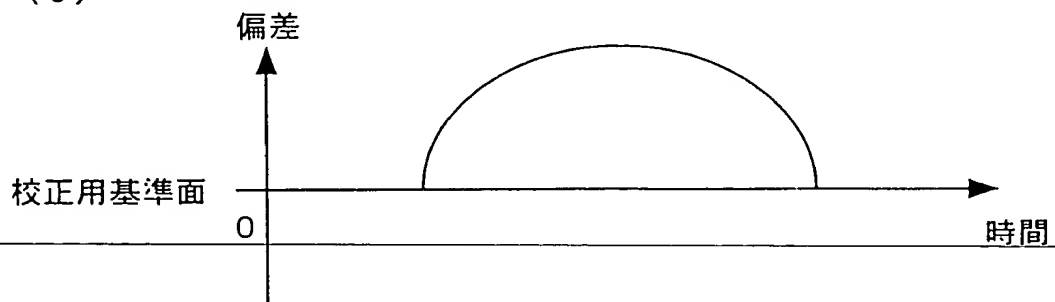
(a)



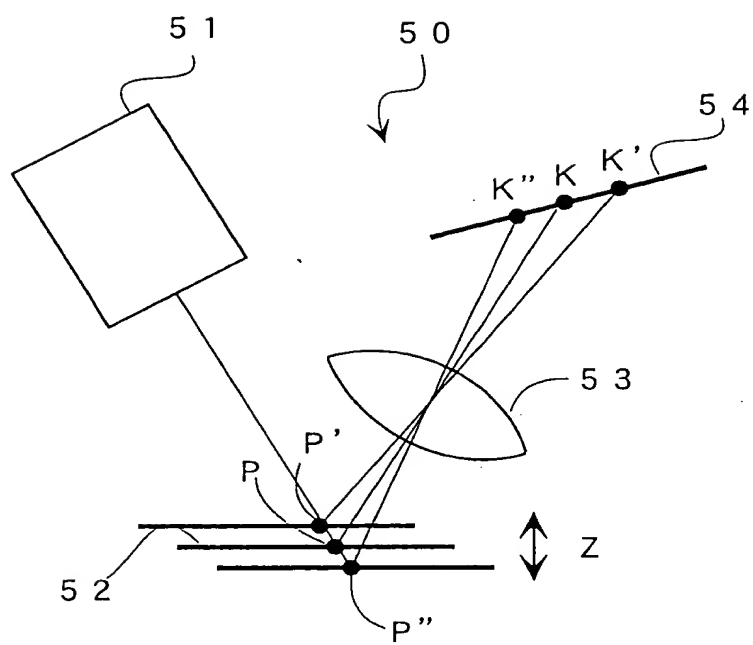
(b)



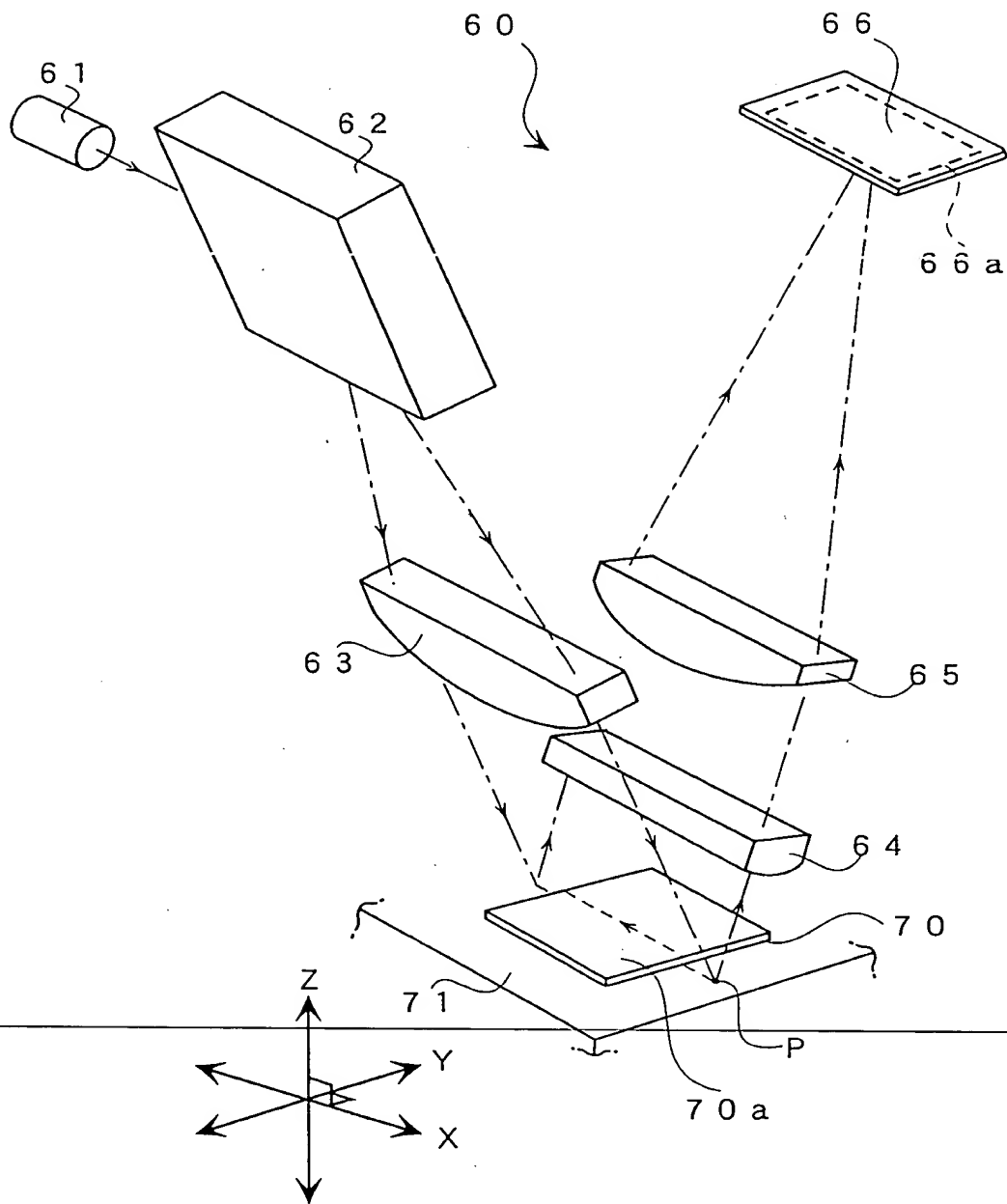
(c)



第 20 図

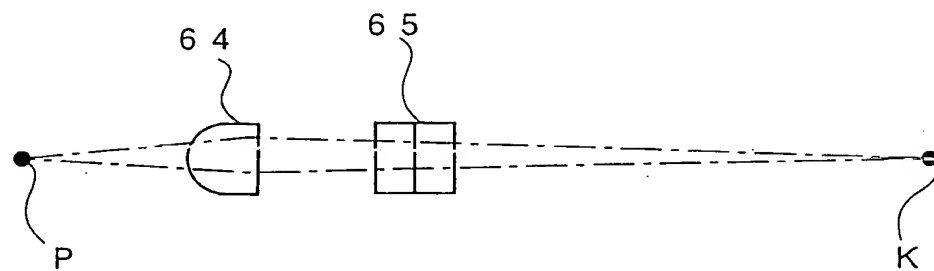


第 2 1 図

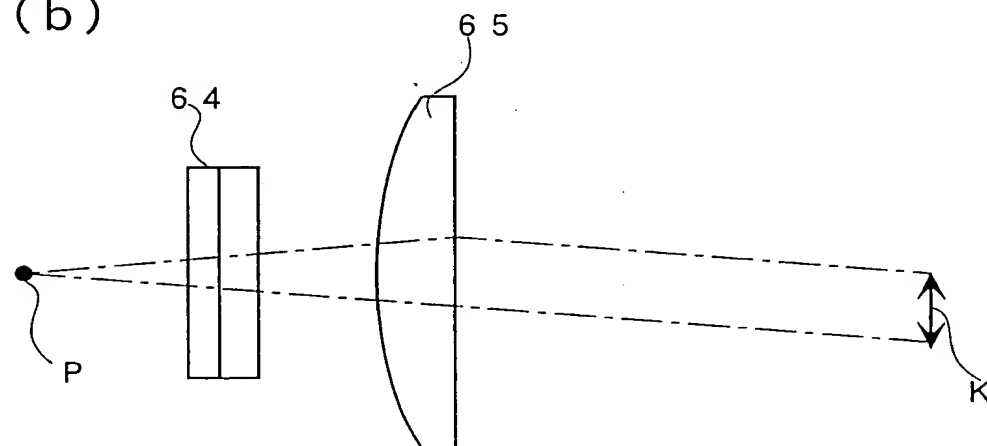


第 2 2 図

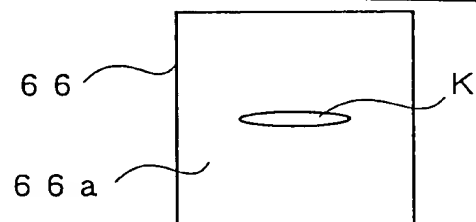
(a)



(b)



第 2 3 図



第 24 図

